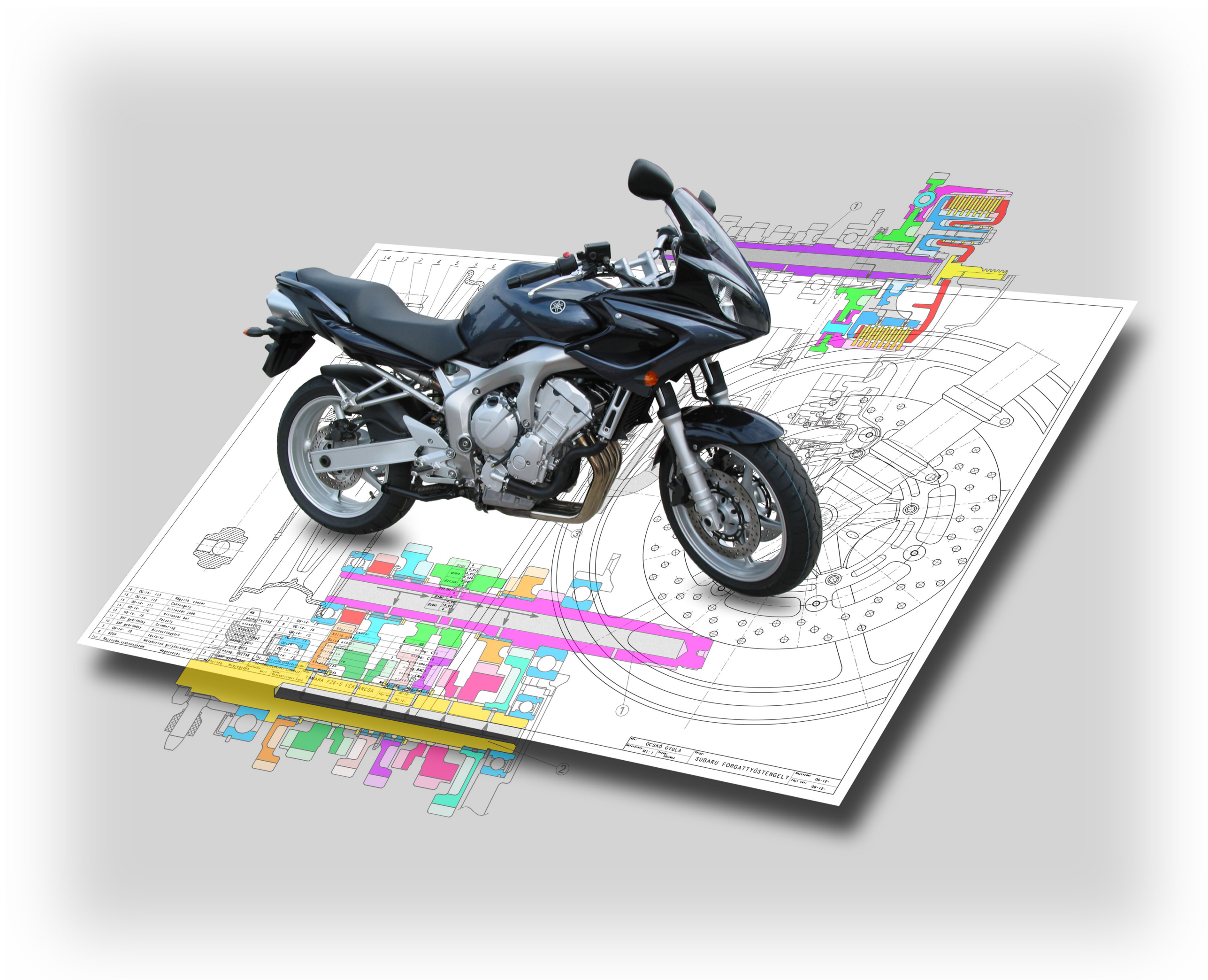
MAMI SZAKKÖZÉPISKOLA

#

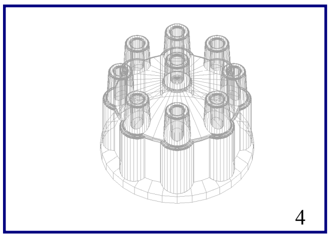
SZAKRAJZ

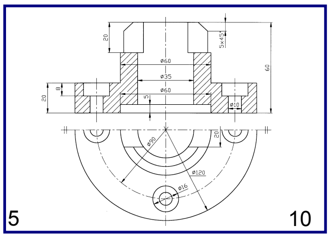
Tanulmányi segédlet

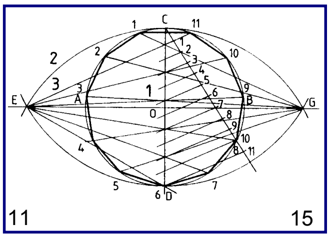


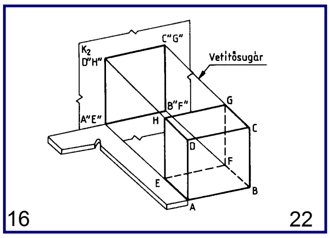
Szerző:
Ocskó Gyula

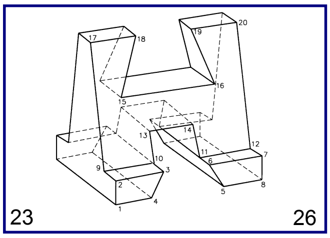
Szerkesztette:
Ocskó Gábor

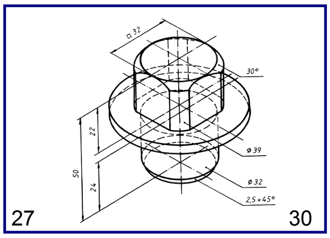
Bevezetés

4

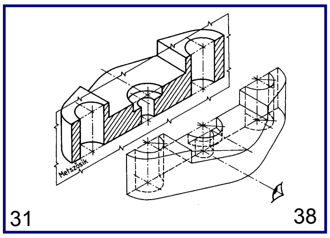
1. Alaki és formai ismeretek

5 – 10

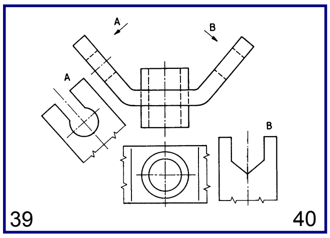
2. Síkmértani szerkesztések

11 – 15

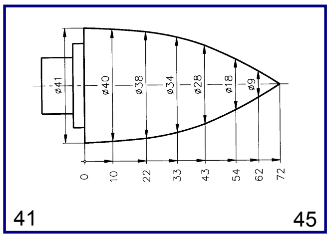
3. Vetületi ábrázolás

16 – 22

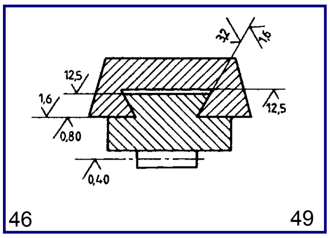
4. Axonometrikus ábrázolás

23 – 26

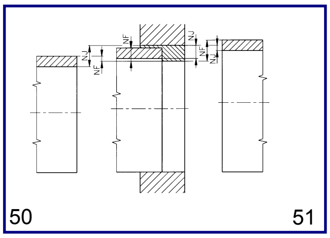
5. Ipari formák nézeti ábrázolása

27 – 30

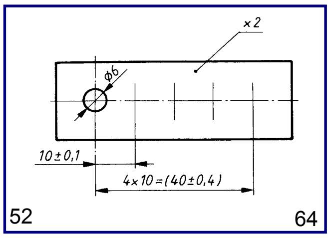
6. Metszeti ábrázolás

31 – 38

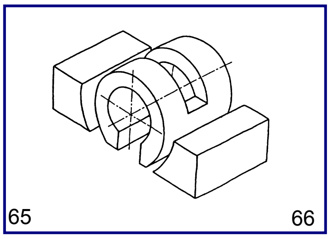
7. Ábrázolási különlegességek

39 – 40

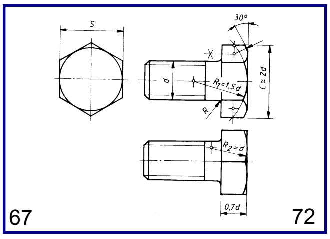
8. Mérethálózat

41 – 45

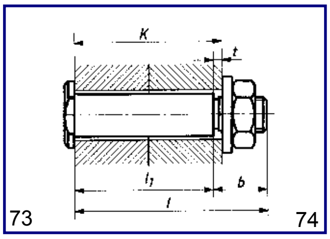
9. Felületminőség megadása

46 – 49

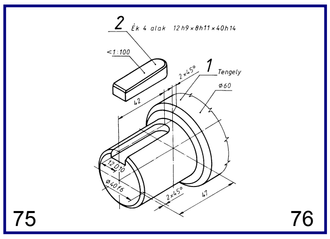
10. Mérettűrés

50 – 51

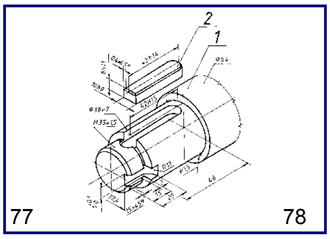
11. Illesztések

52 – 64

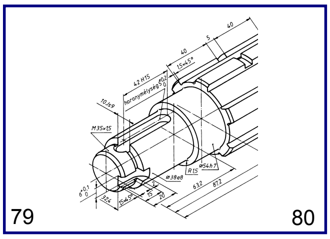
12. Felvételi vázlatkészítés

65 – 66

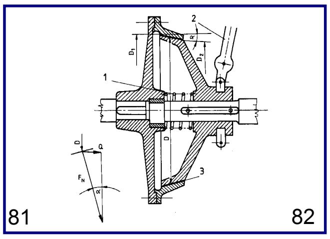
13. Csavarok, csavarkötések

67 – 72

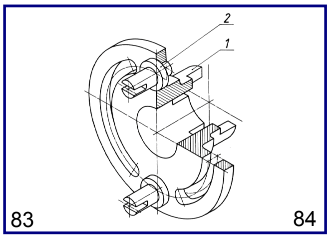
14. Szegek és csapszegek

73 – 74

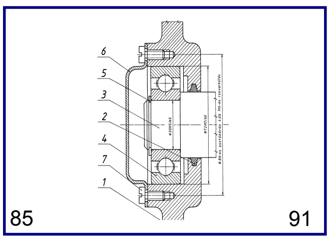
15. Ékek, ékkötések

75 – 76

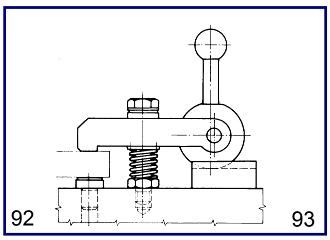
16. Reteszek, reteszkötések

77 – 78

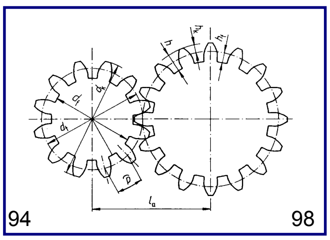
17. Bordás tengelykötés

79 – 80

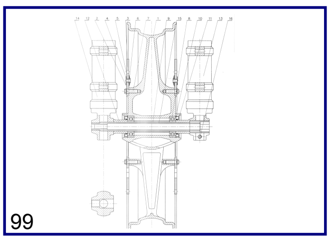
18. Kúpos kötések

81 – 82

19. Szilárd illesztésű kötés

83 – 84

20. Csapágyak, csapágyazások

85 – 91

21. Rugók

92 – 93

22. Hajtások

94 – 98

Példatár

99

Tartalomjegyzék

Bevezetés 4

1. Alaki és formai ismeretek 5
- 1.1. Szabványok 5
- 1.2. Rajzlapok méretei 5
- 1.3. Méretarány 5
- 1.4. Vonalfajták, vonalcsoportok 6
  - 1.4.1. Vonalfajták 6
  - 1.4.2. Vonalvastagságok 6
  - 1.4.3. Vonalfajták alkalmazása 7
  - 1.4.4. Rajztechnikai követelmények 7
- 1.5. Méretmegadás 8
  - 1.5.1. A méretmegadás elemei 8
  - 1.5.2. A méretmegadás gyakorlata 8
  - 1.5.3. A méretmegadás rajz- és betűjelei 9
- 1.6. Szabványírás 10

2. Síkmértani szerkesztések 11
- 2.1. Körző nélküli szerkesztések 11
- 2.2. Síkgeometriai szerkesztések 11
- 2.3. Egyenes vonalú síkidomok szerkesztése 13
- 2.4. Körérintő egyenesek, érintőkörök szerkesztése 15

3. Vetületi ábrázolás 16
- 3.1. Látás és ábrázolás, vetítési módok 17
- 3.2. Merőleges vetítés 17
  - 3.2.1. Térelemek ábrázolása 18
  - 3.2.2. Három képsíkos ábrázolás 18
- 3.3. Síklapú testek vetületi ábrázolása 19
  - 3.3.1. A kocka vetületi ábrázolása 19
  - 3.3.2. A hasáb vetületi ábrázolása 20
- 3.4. Forgásfelületek ábrázolása 21
  - 3.4.1. A henger vetületi ábrázolása 22
  - 3.4.2. A kúp vetületi ábrázolása 22
  - 3.4.3. A gömb vetületi ábrázolása 22
  - 3.4.4. A körgyűrűfelület vetületi ábrázolása 22

4. Axonometrikus ábrázolás 23
- 4.1. Az axonometrikus ábrázolás fajtái 23
  - 4.1.1. Az egyméretű (izometrikus) axonometria 23
  - 4.1.2. A kétméretű (dimetrikus) axonometria 23
  - 4.1.3. A frontális (kavalier) axonometria 23
- 4.2. A síklapú testek axonometrikus ábrázolása 24
  - 4.2.1. A kocka axonometrikus ábrázolása 24
  - 4.2.2. Mértani testek axonometrikus ábrázolása 24
- 4.3. A görbe felületű testek axonometrikus ábrázolása 25
  - 4.3.1. A henger axonometrikus ábrázolása 25
  - 4.3.2. Forgástestek axonometrikus ábrázolása 25

5. Ipari formák nézeti ábrázolása 27
- 5.1. Összetett mértani test fogalma 27
  - 5.1.1. Felületelemzés 28
  - 5.1.2. Idomelemzés 28
- 5.2. Különböző nézeti képek egymáshoz rendelése 29
  - 5.2.1. Nézetrend 29
  - 5.2.2. Az európai vetítési mód nézetrendje 30
  - 5.2.3. Az amerikai vetítési mód nézetrendje 30
- 5.3. Üreges alkatrészek metszeti ábrázolása 30

6. Metszeti ábrázolás 31
- 6.1. A metszet keletkezése és ábrázolása 31
- 6.2. A metszetek fajtái 31
  - 6.2.1. Az egyszerű metszetek fajtái 32
  - 6.2.2. A lépcsős metszet 33
  - 6.2.3. A befordított metszet 34
  - 6.2.4. A félmetszet 35
  - 6.2.5. A kitörés 35
  - 6.2.6. A szelvény 36
- 6.3. A metszeti ábrázolás sajátos szabályai 38
  - 6.3.1. Az anyagtól független metszetjelölések 38
  - 6.3.2. Nem metszendő alkatrészek, részletek 38

7. Ábrázolási különlegességek 39
- 7.1. Nézetek elhelyezése az európai és amerikai vetítési módtól eltérően 39
- 7.2. Különleges (a nézetrendtől eltérő) nézetek 39
- 7.3. Résznézetek (részletek) 39
- 7.4. Törésvonallal megszakított ábrázolás 40
- 7.5. Szimmetrikus tárgyak részábrázolása (félvetület, negyedvetület) 40
- 7.6. Helyi nézetek 40
- 7.7. Ismétlődő alakzatok egyszerűsített ábrázolása 40
- 7.8. Nagyobb léptékű (kiemelt) részletek 40

8. Mérethálózat 41
- 8.1. Különleges méretmegadások és egyszerűsítések 41
- 8.2. Lejtés és kúposság jelölése 42
- 8.3. Furatok egyszerűsített méretmegadása 43
- 8.4. A felületkikészítés és hőkezelés rajzi megadása 43
- 8.5. Kötőelemek felfekvő felületének jelölése 44
- 8.6. Magától értetődő méretek 44
- 8.7. A mérethálózat felépítése 44
  - 8.7.1. A mérethálózat felépítésének általános szabályai 44
  - 8.7.2. Láncszerű méretmegadás 44
  - 8.7.3 Bázistól induló méretmegadás 44
  - 8.7.4. Táblázatos méretmegadás 45
  - 8.7.5. Kombinált méretmegadás 45
  - 8.7.6. Méretek elosztása a rajzon 45

9. Felületminőség megadása 46
- 9.1. Alapfogalmak 46
- 9.2. Egyenetlenségek 46
- 9.3. Felületi érdesség 47
- 9.4. Az érdesség megadása géprajzon 48
- 9.5. Felületi hullámosság 49

10. Mérettűrés 50
- 10.1. A tűrés 50
- 10.2. A mérettűrés alapfogalmai 50
- 10.3. A tűrésmező, a tűrésnagyság és a tűrés elhelyezkedése 51
- 10.4. Tűrésezetlen méretek pontossága 51

Tartalomjegyzék

11. Illesztések 52
11.1. Az illesztés alapfogalmai 52
11.2. Az egységes tűrés- és illesztési rendszer felépítése 53
11.2.1. Alapeltérések 53
11.2.2. Illesztési rendszerek 54
11.2.3. Az illesztés jelölése 55
11.2.4. A tűrésezett méretek és a felületi érdesség összefüggése 55
11.3. Csap- és lyuktűrések táblázata 55

12. Felvételi vázlatkészítés 65
12.1. A vázlatkészítés menete 65
12.2. Lebontó vázlatkészítés 65
12.3. Felépítő vázlatkészítés 65
12.4. A vázlatkészítés lépései 66
12.5. Alkatrészrajz készítés 66
12.5.1. Alapfogalmak 66
12.5.2. A műhelyrajz formái 66
12.5.3. A rajzok feliratai 66
12.5.4. A rajz- és rajzszámrendszer 66

13. Csavarok, csavarkötések 67
13.1. Csavarvonal, csavartest, csavarmenet 67
13.2. Orsómenet és anyamenet ábrázolása 69
13.2.1. Orsómenet ábrázolása 69
13.2.2. Anyamenet ábrázolása 69
13.2.3. Menetcsatlakozások ábrázolása 69
13.2.4. Menetkifutás, szerszámkifutás és beszúrás 70
13.3. Csavarmenet méretmegadása 70
13.3.1. Jellemző méretek megadása 70
13.3.2. Csavarmenet felületi érdessége 70
13.4. Balmenetű gépelemek jelölése 70
13.5. Csavarmenetek tűrése és illesztése 70
13.6. Hatlapú kötőelemek rajza 71
13.7. Csavarvégződések 71
13.8. Csavarmenet egyszerűsített ábrázolása 71
13.8.1. Menetes furat egyszerűsített ábrázolása 71
13.8.2. Kötőelemek egyszerűsített ábrázolása 71
13.9. Csavarkötések, csavarbiztosítások 72
13.9.1. A csavarok és csavaranyák kialakítása 72
13.9.2. Csavarok és csavaranyák méretmegadása 72
13.9.3. Csavarkötések 72
13.9.4. Csavarkötési ábrák rajzolvasása 72
13.9.5. Csavarbiztosítások 72

14. Szegek és csapszegek 73
14.1. Szegek és szegkötések 73
14.2. Csapszegek és csapszegkötések 73
14.3. Axiális helyzetbiztosító elemek 73

15. Ékek, ékkötések 75
15.1. Ékek 75
15.2. Ékkötések és ábrázolásuk 75

16. Reteszek, reteszkötések 77
16.1. Reteszek 77
16.2. Reteszkötések és ábrázolásuk 77

17. Bordás tengelykötések 79
17.1. Párhuzamos oldalú bordás tengelykötés 79
17.2. Evolvens profilú bordás tengelykötés 80
17.3. Bordás tengelykötés elemeinek ábrázolása 80
17.3.1. Bordástengely ábrázolása 80
17.3.2. Bordásfurat ábrázolása 80
17.3.3. Bordáskötés ábrázolása 80

18. Kúpos kötések 81
18.1. Erőzáró kötés kialakulása 81
18.2. Erőviszonyok kúp felületen 81
18.3. Kúpos kötések rajzi ábrázolása 82

19. Szilárd illesztésű kötések 83
19.1. Sajtolt kötés 83
19.2. Zsugor kötés 83
19.3. Szilárd illesztésű kötések rajzi ábrázolása 84

20. Csapágyak, csapágyazások 85
20.1. Siklócsapágyak 85
20.1.1. Siklócsapágyak fajtái, szerkezeti kialakítása 85
20.1.2. Siklócsapágyak ábrázolása 85
20.2. Gördülőcsapágyak 87
20.2.1. A gördülőcsapágyak fajtái, beépítése 87
20.2.2. Gördülőcsapágyak ábrázolása 88
20.2.3. Csapágybeépítések ábrázlása 88

21. Rugók 92
21.1. A hengeres csavarrugó fajtái 92
21.2. Hengeres rugók ábrázolása 93
21.3. Hengeres rugók műhelyrajza 93

22. Hajtások 94
22.1. Szíjhajtások 94
22.1.1. Lapos bőr- és gumiszíj hajtás 94
22.1.2. Fogazottszíj hajtás 94
22.1.3. Ékszíjhajtás 94
22.2. Fogaskerékhajás 95
22.2.1. Fogazatok jellemzői és méretei 95
22.2.2. Fogazatok ábrázolása 96

Bevezetés

A *műszaki ábrázolás*, a *géprajz* és a *szakrajz* az ipari célú gondolatok rögzítésének és közlésének olyan speciális eszköze, amellyel a tervező közvetíti elgondolásait a kivitelező szakemberekkel.

A szakmunkások munkájukat műszaki dokumentációk alapján végzik, amelyek tartalmazzák a munkadarabok rajzait és az elkészítésük lépéseinek műveleti leírását. A tervező által készített rajzot a szakmunkásnak szakszerűen kell olvasnia, abból kell a munkadarab alakját elképzelnie

A rajz alapján tudja megállapítani az alkatrész méreteit és jellemzőit, és szakmai ismereteire támaszkodva tervezi meg az elkészítés műveleteit.

A *rajzolvasás* azonban csak úgy sajátítható el, ha a rajzolvasási ismeret párosul megfelelő rajzolási és szerkesztési ismeretekkel. A rajzolvasáshoz azonban még ez sem elegendő, mert megfelelő *térszemlélet* is szükséges ahhoz, hogy az ipai célú rajzoláshoz alkalmazott vetületi ábrázolásban rejlő elvontságot szakszerűen tudjuk értelmezni.

1. Alaki és formai ismeretek

1.1. Szabványok

A *szabvány* olyan műszaki dokumentáció, amely előírja az anyagok minőségét, a technológiák és gyártmányok paramétereit és az információcsere jellemzőit.

A *szabványosítás* az érdekelt gyártó-, kereskedelmi- és felhasználó vállalatok szervezett együttműködése révén *közmegegyezéssel* valósul meg, és például az egyes alkatrészek méreteire, megnevezéseire és minőségi előírásaira vonatkozik annak érdekében, hogy a nagyszámú alkatrész gazdaságosan legyen gyártható, a raktározási költségek csökkenjenek és az alkatrészcsere egyszerű legyen.

A szabványosítás célja, hogy a minőség és a jellemzők meghatározásával egyöntetűséget teremtsen szinte az élet minden területén a hazai és a nemzetközi kapcsolatokban egyaránt.

Magyarországon a szabványosítás kérdéseivel a *Magyar Szabványügyi Testület* foglalkozik. Ez az intézmény a következő jelzetű szabványokat adja ki:

MSZ magyar nemzeti szabvány
MSZ EN európai szabvány magyar szabványként bevezetve
MSZ ISO nemzetközi szabvány magyar szabványként bevezetve
MSZ IEC nemzetközi szabvány magyar szabványként bevezetve

A *Nemzetközi Szabványügyi Szervezet* (ISO) ajánlásokat dolgoz ki, amelyeket a szervezet tagországai saját szabványaikban felhasználnak.

A magyar és a nemzetközi szabványokon kívül a német szabvány - jele DIN - előírásaival is találkozunk.

1.2. Rajzlapok méretei

A rajzlapok méreteit az MSZ ISO 5457 rögzíti ”*A rajzlapok kialakítása és méretei* ” címmel.

A rajzlap oldalainak aránya a négyzet oldala és átlója 1:1,4142 arányának megfelelő (**1. ábra**). Az 1 m^2 nagyságú (A0) rajzlapból kisebb rajzlapok egyszerű hajtogatással állíthatók elő (**2. ábra**).

Az ISO - A méretsorozat első választék szerinti rajzlapok méreteit az **1. táblázat** tartalmazza.

Bármely álló alakú rajzlap vízszintes irányú oldalának kétszerese is szabványos méretű rajzlaphoz vezet.

Három- vagy többszörös méretre növelése is megengedett, pl.: *A3x3; A3x4; A4x4; A4x5* stb.

Az ilyen méretű rajzlapokat *különleges méretű rajzlap*oknak nevezzük.

A rajzlapok hosszabbik oldala lehet vízszintes (X típusú) vagy függőleges helyzetben (Y típusú) (**3. ábra**).

1.3. Méretarány

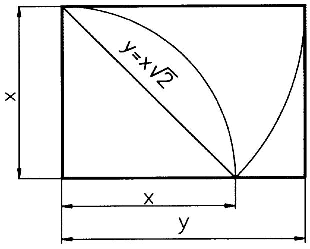
A méretarány a rajzon lemérhető méretek és a munkadarab megfelelő méreteinek viszonya. Jele: *M*

A *természetes nagyság* méretaránya M1:1.

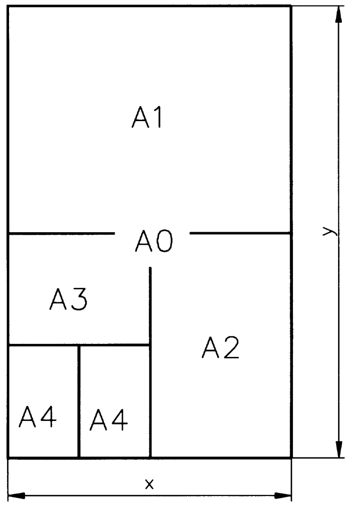
Az M1:2 azt jelenti, hogy az ábra a tárgyhoz viszonyítva fele nagyságú, ez a *kicsinyítés*.

Az M2:1 azt jelenti, hogy az ábra kétszerese a tárgy méreteinek, ez a *nagyítás*.

A gépiparban használatos méretarányokat a **2. táblázat** tartalmazza.



1. ábra

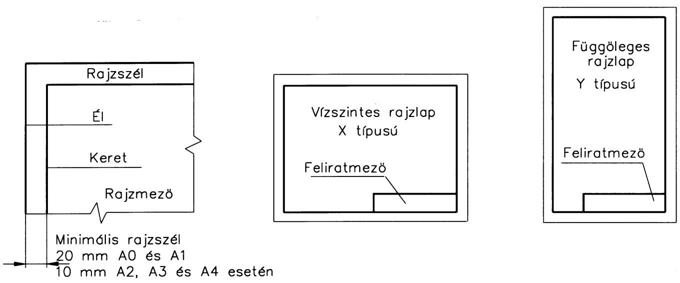


2. ábra

1. táblázat

Elnevezés	Méretek, *mm*
A0	841×1189
A1	594×841
A2	420×594
A3	297×420
A4	210×297

Elnevezés	Méretek, *mm*
A3×3	420×891
A3×4	420×1189
A4×3	297×630
A4×4	
A4×5	297×1051



3. ábra

2. táblázat

Nagyítás	2:1	5:1	10:1
Természetes nagyság			1:1
Kicsinyítés	1:2 1:20	1:5 1:50	1:10 1:100

1.4. Vonalfajták, vonalcsoportok

A műszaki rajzok vonalas rajzok, amelyeknek elkészítéséhez különféle típusú és különböző vastagságú vonalakat használunk az egységes értelmezés érdekében.
A használható vonalvastagságokat lásd a 5. ábrán.

1.4.1. Vonalfajták

A műszaki rajzokon meghatározott fajtájú és vastagságú vonalakkal kell kifejeznünk a tárgy alakját, és megadnunk méreteit.
Rajzainkon az alkatrészek vagy szerelvények alakjának és méreteinek megadásához két vonalvastagságra van szükség, amelyekkel a **4. ábrán** felsorolt vonalfajták rajzolhatók meg:

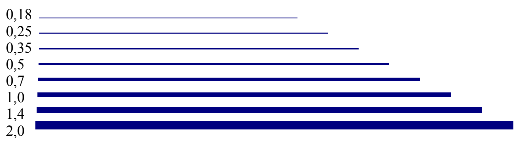
jel	Rajza	Vastagság	Vonalfajta
A		Vastag	Folytonos
B		Vékony	Folytonos
C		Vékony	Szabadkézi
D		Vékony	Törésvonal
E		Vastag	Szaggatott
F		Vékony	Szaggatott
G		Vékony	Pontvonal
H		Vékony Vastag	Pontvonal
J		Vastag	Pontvonal
K		Vékony	Kétpont vonal

4. ábra

1.4.2. Vonalvastagságok

A vonalvastagságokat a rajz fajtája és mérete szerint kell kiválasztani a következő sorozatból:

vonalvastagság /mm/
0,18; 0,25; 0,35; 0,5; 0,7; 1,0; 1,4; 2,0



5. ábra

A felsorolt vonalvastagságokat és egymáshoz viszonyított arányukat szemlélteti a **5. ábra**.
Műszaki rajzokon kétféle vonalvastagságot kell alkalmazni úgy, hogy a vastag és a vékony vonal aránya 2:1-nél kisebb ne legyen pl.: *0,5-0,25* vagy *0,7-0,35*.
Egy tárgy összes azonos méretarányú nézetét azonos vonalvastagsággal kell rajzolni.
A párhuzamos vonalak közötti legkisebb távolság ne legyen kevesebb, mint az ábra vastag vonalának kétszerese.

A két vonalcsoport vonalvastagságaival megrajzolt vonalfajtákat mutatja a **6.** és a **7. ábra**.

Vonal-csoport	jel	Rajza	Vonal-vastagság
0,5 / 0,25	A		0,5
	B		0,25
	C		0,25
	D		0,25
	E		0,5
	F		0,25
	G		0,25
	H		0,5/0,25
	J		0,5
	K		0,25

6. ábra

Vonal-csoport	jel	Rajza	Vonal-vastagság
0,7 / 0,35	A		0,7
	B		0,35
	C		0,35
	D		0,35
	E		0,7
	F		0,35
	G		0,35
	H		0,7/0,35
	J		0,7
	K		0,35

7. ábra

1.4.3. Vonalfajták alkalmazása

A műszaki rajzokon alkalmazott vonalfajták általános értelmezése (**8. ábra**)

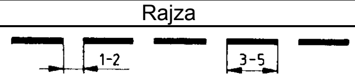
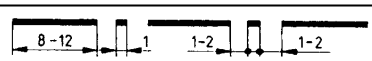
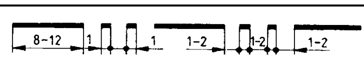
A.) *Folyamatos vastag*
látható körvonalak, élek
B.) *Folyamatos vékony*
elméleti áthatási vonal
méretvonalak
méretsegédvonalak
mutatóvonalak
vonalkázás
befordított szelvények körvonala
rövid középvonalak
C.) *Folyamatos, vékony szabadkézi törésvonal részletek*
megszakított nézetek és metszetek
D.) *Folyamatos, vékony egyenes törésvonal*
u. a. mint a C
E.) *Vastag szaggatott vonal*
nem látható körvonalak, élek
F.) *Vékony szaggatott vonal*
nem látható körvonalak
nem látható élek
G.) *Vékony pontvonal*
középvonal
szimmetriatengelyek
H.) *Vékony pontvonal irányváltással*
metszősík nyomvonala
J.) *Vastag pontvonal*
hőkezelés
felületkikészítés
K.) *Vékony kétpont-vonal*
csatlakozó alkatrészek körvonala
mozgó alkatrészek szélső, vagy változó helyzetei
súlyvonalak
kiindulási, alakítás előtti körvonal
metszés előtti részek körvonalai

1.4.4. Rajztechnikai követelmények

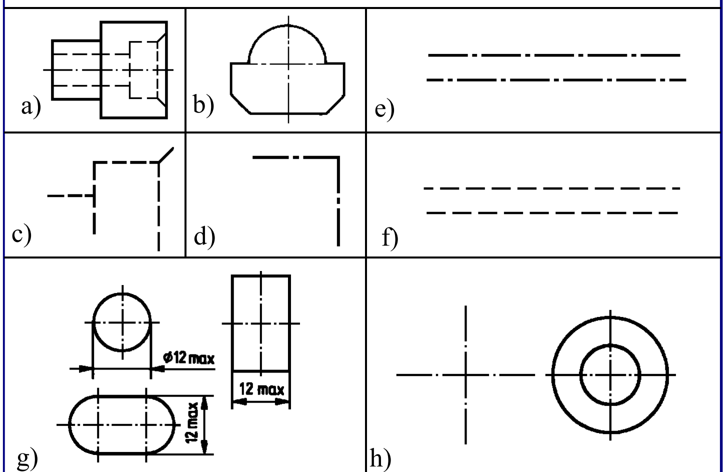
A rajzokon a vonalvastagságok és vonalfajták felismerhetőek legyenek (**10a. ábra**).
Minden vonaltípus határozott vonalszakasszal kezdődik és fejeződik be (**10b. ábra**).
A nem folytonos vonalakat a **9. ábra** szerint kell rajzolni, a pontot 1mm hosszú vonallal helyettesíthetjük. A megadott mértékeket a vonalvastagságtól függetlenül be kell tartani.
A szaggatott-, pont- és kétpontvonal vonalszakasszal indul (**10c** és **d. ábra**).
Egymáshoz közel futó szaggatott és pontvonalak tagoltságát egymáshoz képes elcsúsztatva rajzoljuk (**10e** és **f. ábra**)
12mm-es méret alatt a szimmetria tengelye folytonos vékony vonallal helyettesíthető (**10g. ábra**).
Szimmetriatengelyek egymást illetve kontúrvonalat vonalszakaszukkal messék (**10h. ábra**).
Fedésben lévő vonalak *kihúzási sorrend*je:
A, E vagy *F, H, G, K* és *B.*

Vonalfajta	Általános alkalmazás
A Folytonos , vastag	A1 Látható körvonalak (kontúrvonalak) A2 Látható élek
B Folytonos, vékony (egyenes vagy görbe)	B1 Elméleti áthatás (tagolóvonal) B2 Méretvonalak B3 Méretsegédvonalak (szerkesztési vonalak) B4 Mutatóvonalak B5 Vonalkázás (sraffozás) B6 Befordított szelvény körvonala B7 Rövid középvonalak
C Folytonos szabadkézi törésvonal, vékony	C1 Részletek, megszakított nézetek és metszetek határolóvonala, ha a határoló nem vékony pontvonal
D Folytonos, egyenes törésvonal, vékony	D1 u.a. mint C1
E Szaggatott, vastag	E1 Nem látható körvonalak E2 Nem látható élek
F Szaggatott, vékony	F1 Nem látható körvonalak F2 Nem látható élek
G Pontvonal, vékony	G1 Középvonalak G2 Szimmetriatengelyek G3 Adott pont által leírt görbe, pl.: osztókör
H Pontvonal, vékony, a végződéseknél és az irányváltásoknál vastag	H1 Metszősíkok nyomvonalai
J Pontvonal, vastag	J1 Speciális megmunkálású felületek vagy élek jelölése (pl.: hőkezelés vagy felület-előkészítés)
K Kétpont-vonal, vékony	K1 Csatlakozó alkatrészek körvonala K2 Mozgó alkatrészek szélső vagy váltakozó helyzetei K3 Súlyvonalak K4 Kiindulási, alakítás előtti körvonal K5 Metszősík előtti részek körvonala

8. ábra

Vonalfajta	Rajza
F	
G	
K	

9. ábra



10. ábra

1.5. Méretmegadás

1.5.1. A méretmegadás elemei

Műszaki rajzokon a gépalkatrészek alakját vetületi rajzaival mutatjuk meg. A vetületekhez kapcsolnunk kell az alkatrész elkészítéséhez szükséges méreteket és a szöveges technológiai utasításokat.

A munkadarab méreteit - a méretmegadás elemeinek felhasználásával *mm*-ben adjuk meg, a mértékegység kiírása nélkül.

A méretmegadás elemei:
- a méretsegédvonal
- a méretvonal
- a mutatóvonal
- a méretvonal végpontja és kiindulási pontja
- a méretvonal határoló és
- a méretszám

A méretmegadás elemeinek alkalmazását mutatja a **11**. és a **12. ábra**. A méretsegédvonalakat, a méretvonalakat és a mutatóvonalakat folytonos vékony vonallal kell ábrázolni. A méretsegédvonalak 2 mm-rel nyúlnak túl a méretvonalakon illetve a nyíl hegyén.

A méretsegédvonalakat a méretezett részekre merőlegesen kell elhelyezni, szükség esetén el lehet helyezni ferdén is, de abban az esetben is párhuzamosak legyenek a **19. ábra** szerint.

A méretsegédvonalak és a méretvonalak általában ne messék egymást és más vonalakat.

A méretvonal végződéseit jól látható módon meg kell különböztetni mérethatároló nyílheggyel vagy ferde vonással. A nyílhegy gépészeti rajzokon 15°-os szöget bezáró egyenesekből áll, lehet feketített (1**3. ábra**) nyitott és zárt (**14. ábra**).

A méretvonal határolók mérete legyen arányos a rajz méreteivel, a nyílhegy hossza minimum 2,5 mm.

Ha kevés a hely a nyílhegy számára, akkor azt ferde vonás vagy pont helyettesíti. A ferde vonás a méretvonallal 45°-os szöget bezáró rövid vonal, hossza minimum 3,5 mm; a pont átmérője 1 mm (**15. ábra**).

A közös bázis*tól* induló méretek esetében jelölni kell a kiindulási pontot is, 3 mm átmérőjű kis üres körrel (**16. ábra**).

1.5.2. A méretmegadás gyakorlata

A méretmegadás elemei lehetnek vetületen belül és vetületen kívül (**17. ábra**).

Szög méretezéséhez íves méretvonalat használunk (**18. ábra**).

Méretek kivetíthetők ferde párhuzamos méretsegéd-vonalakkal (**19. ábra**)

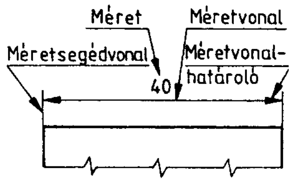
A méretmegadás követi a munkadarabok ferde részleteinek irányát (**20. ábra**).

Szimmetrikus tárgy méretezését mutatja a **21.** és a **22. ábra.**

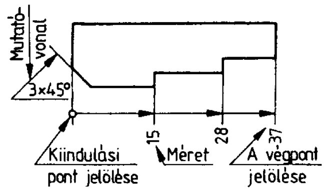
A különböző dőlésű méretvonalakhoz tartozó méreteket a **23. ábrán** látható módon helyezünk el.

Szögek méreteit a **24. ábra** szerint kell elhelyezni.

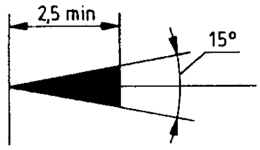
Méretaránytól függetlenül mindig a valóságos méreteket írjuk fel.(**25.**, **26. ábra**)



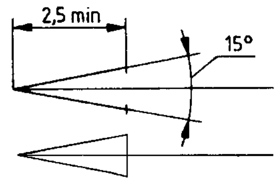
11. ábra



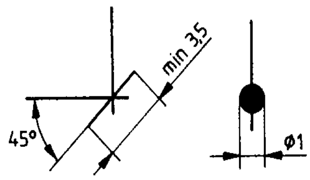
12. ábra



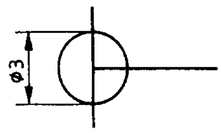
13. ábra



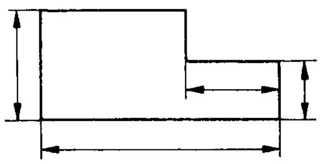
14. ábra

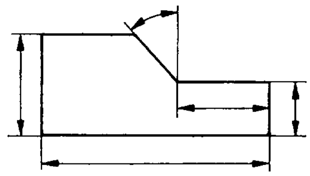


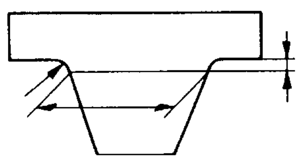
15. ábra

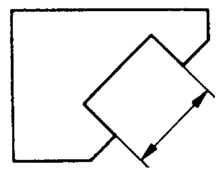


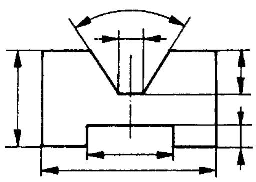
16. ábra

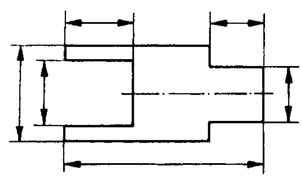

17. ábra

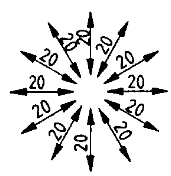

18. ábra


19. ábra

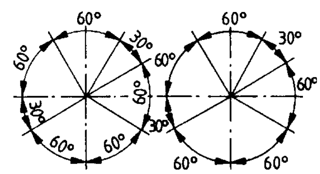

20. ábra


21. ábra

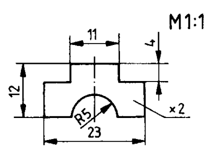

22. ábra



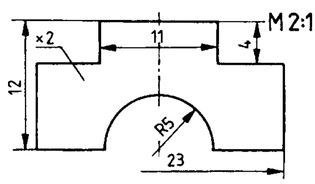
23. ábra



24. ábra



25. ábra



26. ábra

1.5.3. A méretmegadás rajz - és betűjelei

A méretmegadásnál alkalmazott *méret* mértékegységgel, számszerűen megadott érték, amely vonalakkal, jelekkel és megjegyzésekkel lehet kiegészítve. A méretszám minimum 2,5 mm, a jó olvashatóság érdekében használjunk 3,5 mm nagyságú méretszámot.
A munkadarab alakjához kapcsolódó méretek jelölése (**27. ábra**):

- átmérő, jele: Ø
Hengeres anyagok és furatok méretének megadására használjuk. A méretmegadást végezhetjük vetületen belül, illetve kívül. Vetületen belül megadott átmérőnél a méretvonal ne essen egybe a tengelyvonallal.

- sugár, jele: R
Lemeztárgyak fémkörzővel kirajzolt és elkészített köríveinek, valamint lépcsős tengelyek átmeneti íveinek méretmegadásához használjuk leginkább. A sugár méretmegadásához félméretvonalat használunk, amelynek iránya a középpontból indul, és a rádiuszos felületre mutat. *Ne alkalmazzuk az átmérőként mérhető és megadható felületek méretének megadásához.*

- gömbsugár, jele: SR

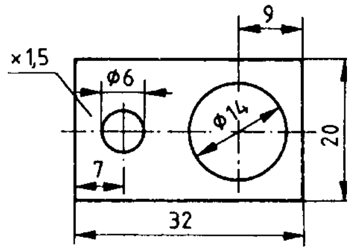
- **gömbátmérő, jele: SØ**
Forgástesteken jelentkező gömbfelületek, illetve gömbfelületű lekerekítések méretének megadásához használjuk. A rajzi méret megadás elvégezhető félméretvonallal, amely értelemszerűen a gömbfelület középpontjához mutat.

- négyzet, jele: □
Négyzetes anyagok szelvényének, valamint négyzetes meg- illetve kimunkálások méretének megadásához használjuk.
A négyzet geometriai jellegének megfelelően a jel után írt méret két dimenzió kiterjedését is jelenti.

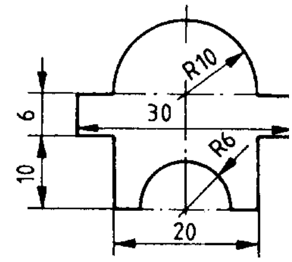
- ív, jele:
Megadott sugarú vagy átmérőjű rádiuszos megmunkálások ívhosszának megadásához használjuk.
A méretmegadáshoz használt méretsegédvonalakat az íves felület középpontjából sugárirányban, a méretvonalat rádiuszosan kell megrajzolni.

- nézetre merőleges méret, jele: x
Egy vetületével megrajzolható lemeztárgyak vastagsági méreteinek megadásához használjuk leggyakrabban. Értelemszerű használata sokszor vetületek elhagyását teszi lehetővé. A hatlapú alkatrészek jellegzetes ábráján a csúcstávolság látszik, e vetületen a laptávolság kívételével minden méret megadható. A laptávot mutatóvonalon az x-jelhez kapcsolva adjuk meg.

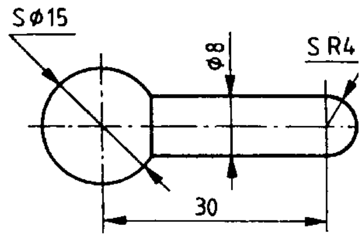
Ø



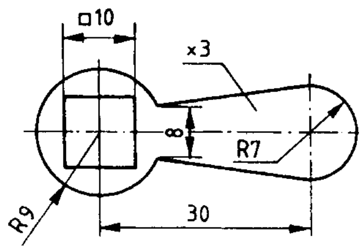
R



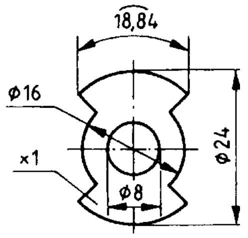
SR



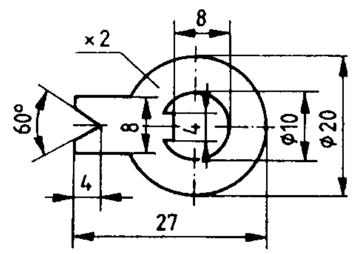
SØ



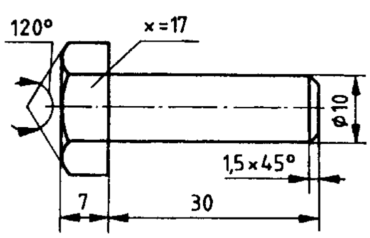
□



⌒



X



27.ábra

1.6. Szabványírás

A gépészeti rajzok feliratainak - szöveg, számok és jelek - olvashatósága különösen fontos. Ezért a betűk, a számok és a jelek alakját és méreteit a szabványok gondosan előírják. A rajzokon szereplő feliratokkal szembeni elvárások:
- *az olvashatóság*
- *az egységesség*
- *alkalmasság mikrofilmezésre*

Az olvashatóságon azt kell érteni, hogy ne térjünk el a szabványban megadott írás alak- és méretelőírásától.

Az egységesség azt jelenti, hogy egy termékről készített összes rajzon az írás típusa és helyzete azonos legyen.

Műszaki rajzok felirata lehet *álló*, vagy a vízszinteshez képest *75°*-os dőlésszögű, *keskeny* (A típusú), illetve *közepes* (B típusú) szélességű. A gépész rajzokon a B típusú szabványírást használjuk.

Az álló "B típusú" szabványírás (**28. ábra**) geometriai jellemzői és betűjele:

- írásnagyság	h	arányai:	10/10h
- kisbetűk magassága	c		7/10h
- betűköz	a		2/10h
- legkisebb sorköz	b		14/10h
- szóköz	e		6/10h
- vonalvastagság	d		1/10h

A dőlt betűs szabványírás **29. ábra** szerinti geometriai jellemzői és arányai megegyeznek az álló betűírás paramétereivel, csak a betűk alakja dől jobbra a vízszinteshez képest 75°-ra, illetve a függőlegeshez képest 15°-ra.

Az A típusú és B típusú szabványírás geometriai jellemzői és méretei az **30. ábrán** láthatók.

Az írástípusok alapmérete a nagybetűk *h* magassága, amelyet *írásmagasság*nak (írásnagyságnak) nevezünk.

Az írásnagyságok értékeinek sorrendje a papírlapok szabványos méretnövekedésének arányával egyezően $\sqrt{2}$ -vel való szorzásból származik.

Az írásmagasság ismeretében a B típusú szabványírás arányait és méreteit foglalja össze a **3. táblázat**.

A feliratokat a legegyszerűbben betűsablonnal készíthetjük el.

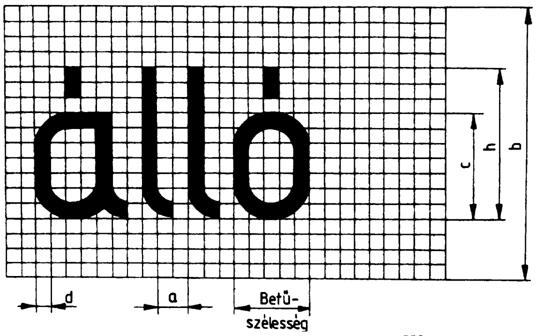
A "B típusú" álló szabványírás alakját mutatja az egységvonalkázású hálóban az **31. ábra**.

A nagybetűk szélességi jellemzői:
1/10 h szélességű : I
4/10 h szélességű : J
5/10 h szélességű : C; E; F; L
6/10 h szélességű : B; D; G; H; K; N; O; P; Q; R; S; T; U; Z
7/10 h szélességű : A; M; V; X; Y
9/10 h szélességű : W

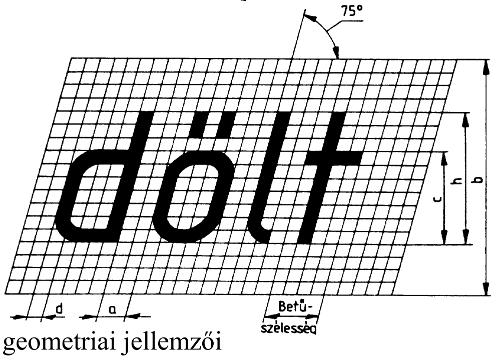
A kisbetűk szélességi jellemzői:
1/10 h szélességű : i
2/10 h szélességű : j
3/10 h szélességű : c; e; f; l
4/10 h szélességű : b; d; g; h; k; n; o; p; q; r; s; t; u; z
5/10 h szélességű : a; m; v; x; y
7/10 h szélességű : w

A számjegyek szélességi jellemzői:
3/10 h szélességű : 1
5/10 h szélességű : 2; 3; 5; 6; 7; 8; 9; 0
6/10 h szélességű : 4

A "B típusú" álló szabványírás számjegyeinek alakját is mutatja egységvonalkázású hálóban a **31. ábra**.



28. ábra



29. ábra

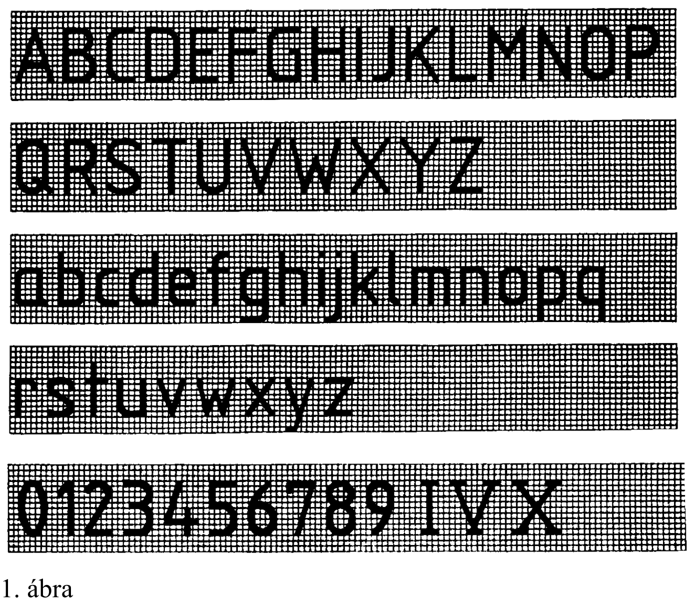
A szabványírás geometriai jellemzői

Az írás típusa	sortávolság arány	Írásmagasság, *h*						
		2,5	3,5	5	7	10	14	20
		Méretek, *mm*						
A	(24/14) *h*	4,2	6	8,4	12	16,8	24	33,6
B	(18/10) *h*	4,5	6,4	9	12,8	16	25,6	36

30. ábra

B típusú szabványírás arányai — 3. táblázat

Megnevezés		Sortáv	Méret, mm						
Írásmagasság (írásnagyság) Nagybetűk magassága	h	(10/10) h	2,5	3,5	5	7	10	14	20
Kisbetűk magassága túlnyúlás és kinyúlás nélkül	c	(7/10) h	-	2,5	3,5	5	7	10	14
A jelek közötti távolság Betűköz	a	(2/10) h	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4
Az alapvonalak legkisebb távolsága. Legkisebb sor-köz	b	(14/10) h	3,5	5	7	10	14	20	28
A szavak közötti legkisebb távolság. Szóköz	e	(6/10) h	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4	12
Vonalvastagságok	d	(1/10) h	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2



31. ábra

2. Síkmértani szerkesztések

Euklidész görög matematikus (i. e. 325 körül) szerint azokat az eljárásokat tekintjük *szerkesztés*nek, amelyek egy egyenes vonalzóval és egy körzővel véges számú lépésben elvégezhetők. Ma azonban a háromszögvonalzókkal végzett szerkesztéseket is ide soroljuk.

2.1. Körző nélküli szerkesztések

Párhuzamos rajzolása

Adott *a* egyenes és *P* pont (**32a ábra**)

1. A háromszögvonalzót az *a* egyenesre illesztjük
2. Megtámasztjuk a befogója mentén
3. Elcsúsztatjuk a *P* pontig, és megrajzoljuk az *a'* egyenest.

Merőleges rajzolása

Adott: *a* egyenes és *P* pont (**32b ábra**)

1. Háromszögvonalzót átfogójával az *a* egyeneshez illesztjük
2. Megtámasztjuk befogója mentén
3. Átfordítjuk a másik befogójára, és a *P* ponton keresztül meghúzzuk az *a'* egyenest.

2.2. Síkgeometriai szerkesztések

Szakaszfelező merőleges

Adott: *AB* szakasz (**33. ábra**)

1. Körzőnyílásba veszünk *AB* felénél nagyobb *R* távolságot, és körívet húzunk *A* pontból
2. *R* sugárral körívet húzunk a *B* pontból.
3. A körívek metszéspontjait egyenessel összekötjük amely merőleges az *AB* szakaszra.

Merőleges egyenes szerkesztése egyenesen kívül fekvő pontból

Adott: *a* egyenes és *P* pont (**34. ábra**) *P* pontból tetszőleges körívvel *a* egyenesen kijelöljük az *A*, *B* pontot

1. *A* pontból *R* sugárral ívet húzunk
2. *B* pontból *R* sugárral ívet húzunk
3. Az ívek metszéspontján és *P* ponton keresztül egyenest húzunk.

Merőleges szerkesztése egyenes végpontjára

Adott: *a* egyenes és *P* pont (**35. ábra**)

1. *P* pontból *PA* sugárral ívet rajzolunk
2. Az íven *PA* sugárral kimetszünk *B* pontot
3. *A* és *B* ponton keresztül húzott egyenesen *B* ponttól *PA* sugárral jelöljük a *C* pontot
4. *PC* szakasz *a* egyenesre merőleges.

Szögfelező egyenes szerkesztése

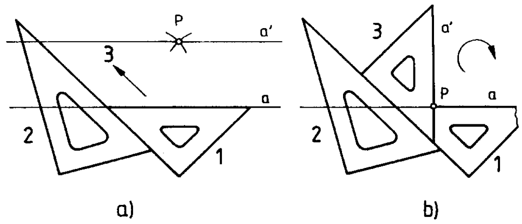
Adott: *a*, *b* egyenes (**36. ábra**)

1. *O* pontból tetszőleges sugárral ívet rajzolunk (*A*, *B* pont)
2. *A* pontból *R* sugárral ívet rajzolunk
3. *B* pontból *R* sugárral ívet rajzolunk (*C*)
4. *O*, *C* ponton keresztül egyenest húzunk.

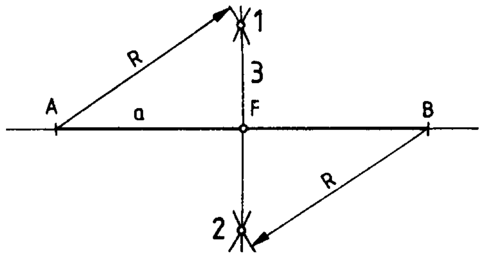
Szakasz felosztása "n" egyenlő részre

Adott: *a* egyenes *AB* végpontjával (**37. ábra**)

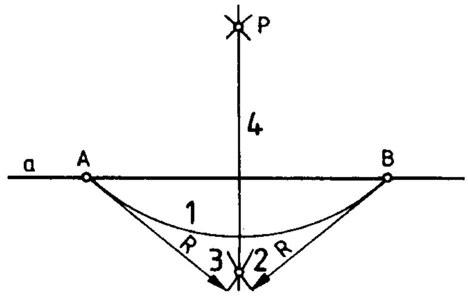
1. *A* pontból tetszőleges hajlásszöggel *b* jelű segédegyenest húzunk
2. Tetszőleges körzőnyílással *b* jelű segédegyenesen *n* számú jelet rajzolunk
3. *B* jelű pontot a segédegyenes végpontjával összekötjük.
4. Az összekötő egyenessel párhuzamosokat rajzolunk *a* egyenesre



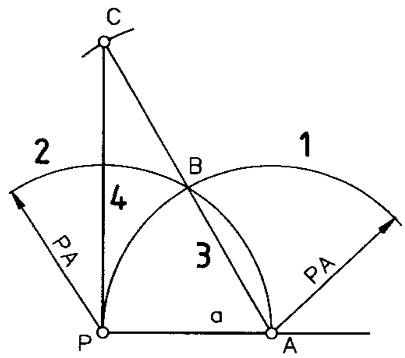
32. ábra



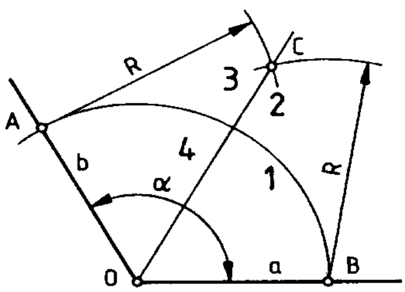
33. ábra



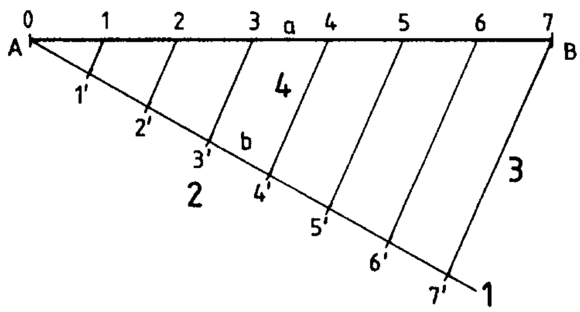
34. ábra



35. ábra



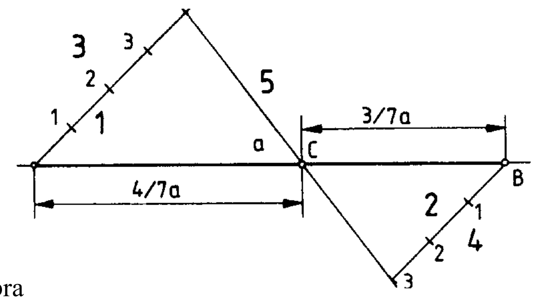
36. ábra



37. ábra

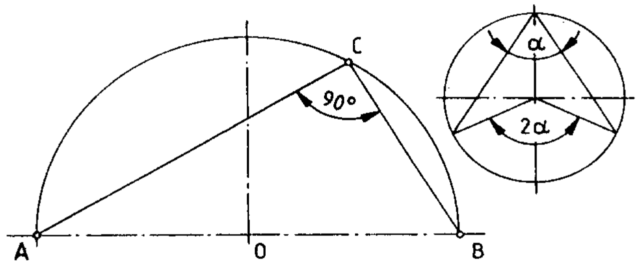
Egyenes szakasz felosztása adott arányban
Adott: *a* egyenes *A, B* végpontjaival; felosztás aránya: *4/3*
(**38. ábra**)

1. Az egyenes *A* végpontjából tetszőleges segédegyenest rajzolunk
2. A segédegyenessel párhuzamost rajzolunk *B* végpontból
3. A pontból húzott segédegyenesre *4* egyenlő távolságot rajzolunk
4. *B* pontból húzott segédegyenesre *3* egyenlő, az előzővel azonos távolságot rajzolunk
5. A kapott végpontokat összekötjük (*C*).



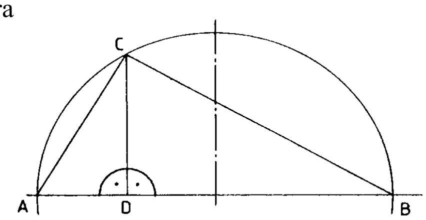
38. ábra

Thalész-tétel (39. ábra)
Félköríven nyugvó kerületi szögek derékszögek. Bizonyítás: minden kerületi szög fele annak a középponti szögnek, ami ugyanazon a köríven nyugszik, mert a félköríven egyenesszög vagyis 180°, két derékszög tartozik, a középpontban a kerületi szögek bármelyike ennek a fele, tehát 90° .



39. ábra

Pitagorasz-tétel (40. ábra)
Bármely derékszögű háromszögben az átfogó négyzete (c^2 = AB^2) *egyenlő a két befogó négyzetével* (a^2=AC^2) és (b^2=BC^2) összegével: $a^2+b^2=c^2$. Bizonyítás: körben *ABC* derékszögű háromszöget rajzolunk, majd megrajzoljuk a háromszög *CD* magasságvonalát. A *BCD* és a *ACD* háromszög egymáshoz is, és az eredetihez is hasonló.

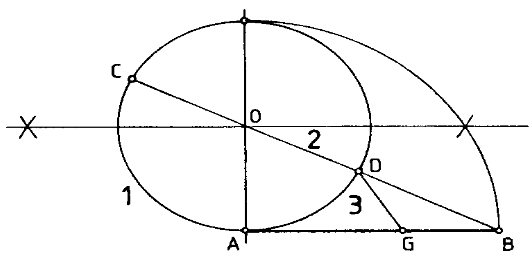


40. ábra

Aranymetszés (41. ábra)
Egy távolságot úgy osztunk kétfelé, hogy a kisebb úgy aránylik a nagyobbhoz, mint a nagyobb az egészhez: az aranymetszetet kapjuk.

1. Az *AB* távolság *A* végpontjához *AB* átmérőjű kört rajzolunk
2. A *B* végpontból a kör középpontján át húzott egyenes kimetszi a *C* és *D* pontokat
3. Az *AC* egyenessel párhuzamost húzunk a *D* pontból, ez kimetszi az *AB* egyenesből a *G* pontot.

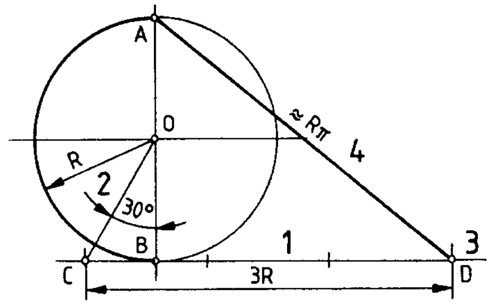
Ez a pont az *AB* egyenest az aranymetszés szabályának megfelelően metszi két részre.



41. ábra

Kör fél kerületének kiterítése
(Kochansky-féle közelítő eljárás, **42. ábra**)
Adott: *R* sugarú kör *A* és *B* pontokkal

1. *B* pontba merőleges érintőt húzunk
2. Az érintőt metsszük az átmérőhöz 30°-ra húzott egyenessel
3. Az érintőre *C* pontból felmérünk *3R* távolságot
4. A *DA* távolság közelítőleg *Rπ.*

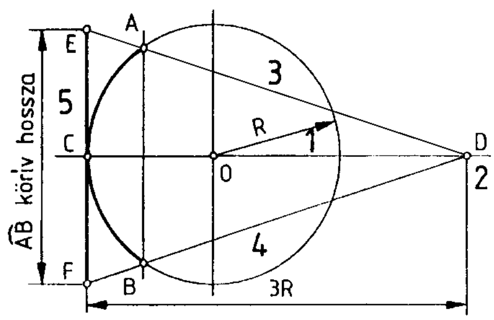


42. ábra

Körív hossza
(Snellius-féle közelítő eljárás, **43. ábra**)
Adott: *R* sugarú kör, *A*, *B* körív végpontokkal

1. A körív *C* felezőpontjához tartozó átmérőt meghosszabbítjuk
2. A meghosszabbított átmérőre felmérünk *3R* távolságot
3. *AD* pontokon keresztül egyenest rajzolunk
4. *BD* pontokon keresztül egyenest rajzolunk

C pontból húzott érintőkkel az előzőleg meghúzott egyeneseket metszésbe hozzuk. A fél körív hossza az *EF* távolság lesz.



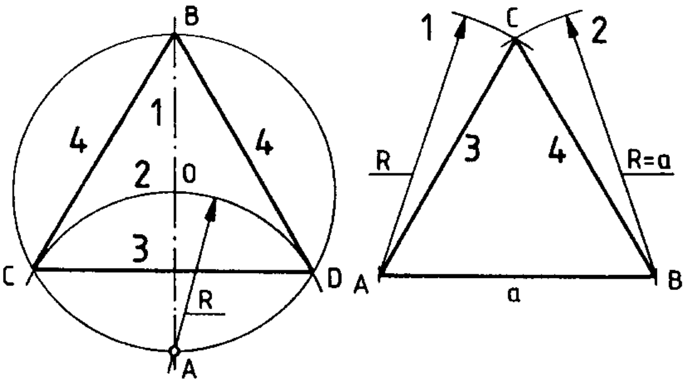
43. ábra

2.3. Egyenes vonalú síkidomok szerkesztése

Egyenlő oldalú háromszögek szerkesztése

a) Adott: *R* sugarú kör (**44. ábra**)
1. *A* pontból *R* sugárral ívet rajzolunk
2. Kimetszett *C* és *D* pontokat összekötjük
3. *D* és *B* ponton keresztül egyenest húzunk
4. *C* és *D* ponton keresztül egyenest húzunk.

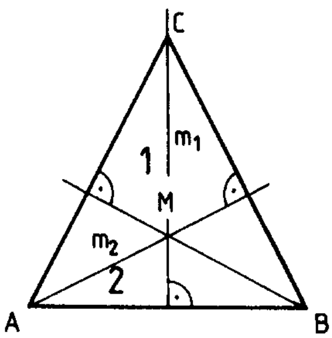
b) Adott: a háromszög *a* oldalhossza
1. *A* pontból *R*=*a* sugárral ívet rajzolunk
2. *B* pontból *R*=*a* sugárral ívet rajzolunk
3. *A* és *C* ponton keresztül egyenest húzunk
4. *B* és *C* ponton keresztül egyenest húzunk.



a) b)

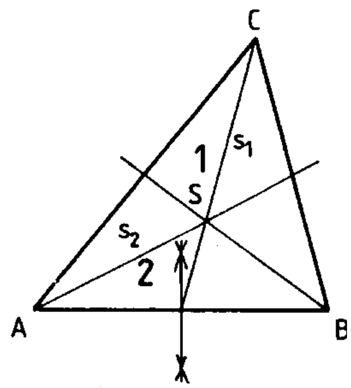
44. ábra

Magasságpont (M)
(*a magasságvonalak metszéspontja*)
Adott: *ABC* háromszög (**45. ábra**)
1. *AB* oldalra *C* ponton keresztül merőlegest rajzolunk, m_1
2. *BC* oldalra *A* ponton keresztül merőlegest rajzolunk, m_2,
   m_1 és m_2 metszéspontja a *magasságpont (M)*.



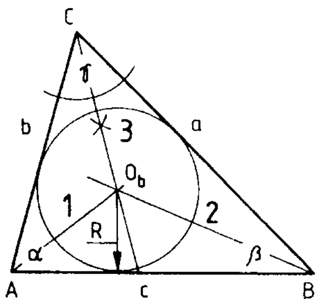
45. ábra

Súlypont (S)
(*a súlyvonalak metszéspontja*)
Adott: *ABC* háromszög (**46. ábra**)
1. *AB* oldal felezőpontjára *C* pontból súlyvonalat rajzolunk, s_1
2. *BC* oldal felezőpontjába *A* pontból súlyvonalat rajzolunk, s_2,
   s_1 és s_2 metszéspontja a *súlypont (S)*.



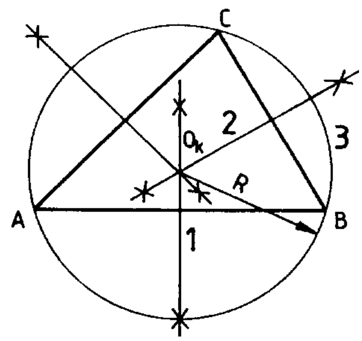
46. ábra

Háromszögbe írható kör középpontja (*Ob*)
(*a szögfelezők metszéspontjából rajzolt kör*)
Adott: *ABC* háromszög (**47. ábra**)
1. Szerkesszük meg az α szög szögfelezőjét
2. Szerkesszük meg a β szög szögfelezőjét
3. Rajzoljuk meg *R* sugárral a háromszögbe írható kört.



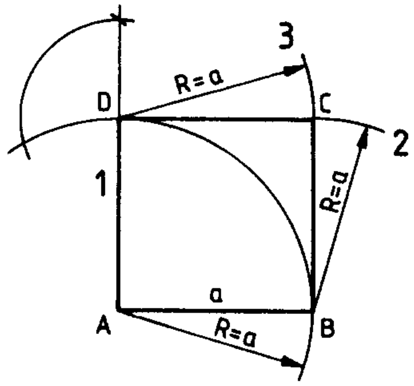
47. ábra

Háromszög köré írható kör (*Ok*)
(*az oldalfelezők metszéspontjából rajzolt kör*)
Adott: *ABC* háromszög (**48. ábra**)
1. *AB* oldalra szakaszfelező merőlegest állítunk
2. *BC* oldalra szakaszfelező merőlegest állítunk
3. Rajzoljuk meg *R* sugárral a háromszög köré írható kört.



48. ábra

Négyzet szerkesztése
Adott: *a* oldalhossz (**49a. ábra**)
1. Merőlegest állítunk az *a* oldal végpontjára *R*=*a* sugárral
2. *B* pontból *R*=*a* sugárral ívet húzunk
3. *D* pontból *R*=*a* sugárral ívet húzunk, az ívek metszéspontja a négyzet negyedik *C* csúcsa.



a)

49. ábra

Adott: *AC* átlóhossz (**49b. ábra**)
1. Az átlóra szakaszfelező merőlegest állítunk
2. Kijelöljük a *B* és *D* csúcsokat *AC/2* rádiusszal.

Adott: *R* sugarú kör (**50. ábra**)
1. Rajzoljuk meg a felvett oldalirányokkal párhuzamos tengelyvonalakat
2. Rajzoljuk meg a tengelyvonalak szögfelezőit
3. A szögfelezők és a kör metszéspontjai a négyzet csúcspontjai.

Nyolcszög szerkesztése
Adott: *R* sugarú kör (**51. ábra**)
1. Rajzoljuk meg a tengelyvonalakat
2. Rajzoljuk meg a tengelyvonalak szögfelezőit
3. A tengelyvonalak és a szögfelezők körrel való metszéspontjai a nyolcszög csúcsai.

Ötszög szerkesztése köré írt körbe
Adott: *R* sugarú kör (**52.ábra**)
1. *OB* sugárra felező merőlegest állítunk (*F*)
2. *FC* körzőnyílással a vízszintes tengelyvonalon kijelöljük az *E* pontot
3. A *CE* húrhossz a szabályos ötszög élhossza.

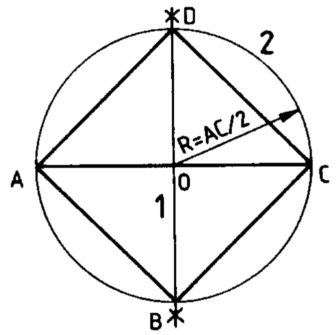
Ötszög szerkesztése adott oldalhosszból
Adott: *a* oldalhossz (**53.ábra**)
1. Az *a* oldalra szakaszfelező merőlegest állítunk, jelöljük az *F* pontot
2. A *2* pontban emelt merőlegesre felmérjük az oldalél felét, jelöljük az *O* pontot
3. *O* pontból *a/2* rádiusszal kört rajzolunk
4. *1 - O* ponton keresztül húzott egyenessel messük a kört, jelöljük az *A* pontot
5. Húzzunk körívet *1* pontból *R=1A* sugárral
6. Húzzunk körívet *2* pontból *a* sugárral, jelöljük a *3* pontot.
   A többi pont a szimmetria szabályai szerint szerkeszthető.

Hatszög szerkesztése csúcstávolságából
Adott: a hatszög *14* csúcstávolsága (**54. ábra**)
1. Rajzoljunk kört *O* pontból a csúcstávolság felével (*R*)
2. Az *1* pontból metsszük a körvonalat *R* sugárral
3. A *4* pontból metsszük a körvonalat *R* sugárral,
   a körön kimetszett pontok a hatszög csúcsai.

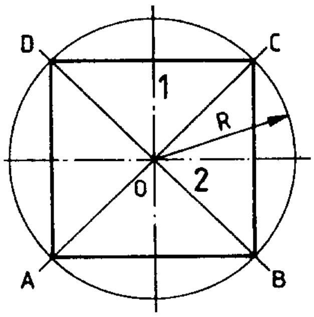
Hatszög szerkesztése laptávolságából
Adott: a hatszög laptávolsága (**55. ábra**)
1. Felmérjük a laptávolság felét (*S/2*)a függőleges szimmetriatengelyre felfelé és lefelé
2. Húzzunk párhuzamosokat a vízszintes szimmetriatengellyel *A* és *B* ponton keresztül
3. Az *O* pontban szerkesztett 60°-os szög szára metszi ki a hatszög keresett csúcspontját

Négyzet rajzolása adott sugarú körbe
Adott *R* sugarú kör (**56. ábra**)
A középponton átmenő egymásra merőleges átmérők jelölik ki a négyzet csúcsait.

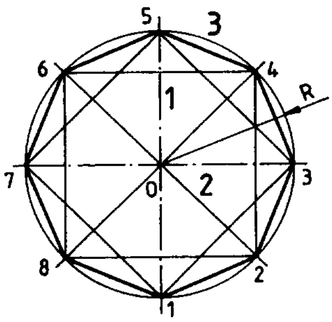
Hatszög rajzolása adott sugarú körbe
Adott R sugarú kör (**57. ábra**)
Bármely átmérő végpontjaiból 60º-os háromszögvonalzóval közvetlenül kijelölhető.



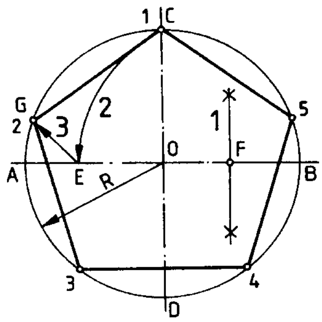
b.)
49. ábra



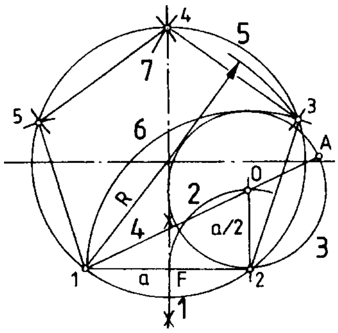
50. ábra



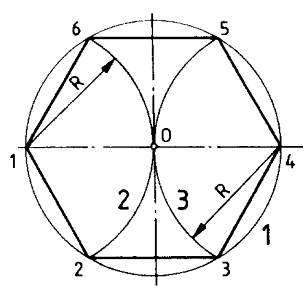
51. ábra



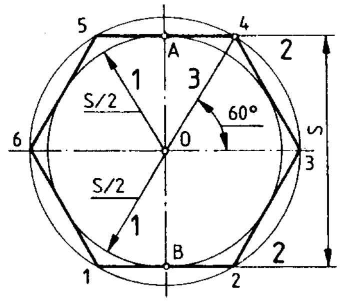
52. ábra



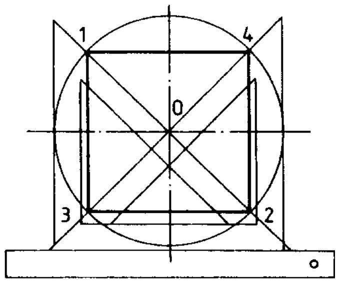
53. ábra



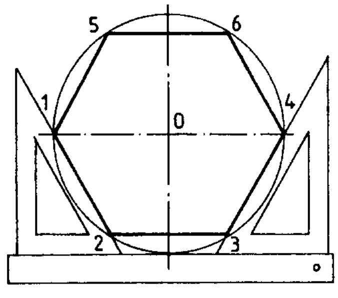
54. ábra



55. ábra



56. ábra



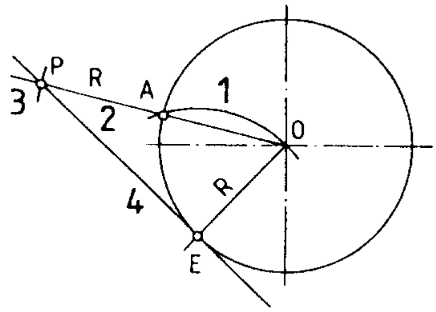
57. ábra

2.4. Körérintő egyenesek, érintőkörök szerkesztése

Érintőegyenes szerkesztése körön fekvő pontba

Adott: *R* sugarú kör és *E* pont (**58. ábra**)

1. *E* pontból *R=EO* rádiusszal ívet rajzolunk, jelöljük az *A* pontot
2. *O, A* ponton keresztül egyenest húzunk
3. *A*-tól *R* távolságra jelöljük a *P* pontot
4. *E-P* ponton keresztül meghúzzuk az érintőt.

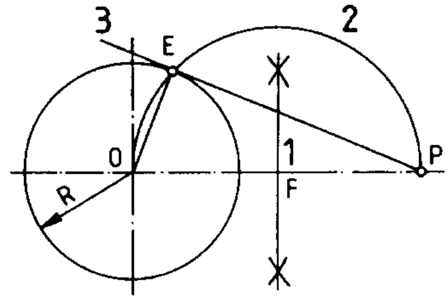


58. ábra

Érintőegyenes szerkesztése körön kívül fekvő pontból

Adott: *R* sugarú kör és *P* pont (**59. ábra**)

1. Az *O-P* szakaszra felező merőlegest állítunk, jelöljük az *F* pontot
2. F pontból *R=OF* rádiusszal körívet rajzolunk, jelöljük az *E* pontot
3. *E-P* ponton keresztül megrajzoljuk az érintőegyenest.

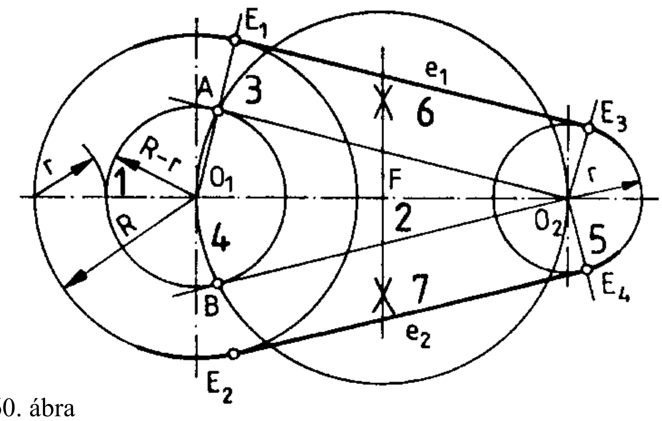


59. ábra

Külső érintőegyenes szerkesztése különböző átmérőjű körökhöz

Adott: *R* és *r* sugarú kör (**60. ábra**)

1. *R-r* sugárral O_1 pontból kört rajzolunk
2. *O1-O2* szakaszra felező merőlegest állítunk, jelöljük az *F* pontot
3. *F* pontból $R=O_1F$ rádiusszal kört rajzolunk, jelöljük az *A* és *B* pontot
4. O_1-*A*, O_1-*B* pontokon keresztül rádiuszt húzunk, jelöljük E_1 és E_2 pontot
5. O_1E_1 ill. O_1E_2 iránnyal O_2 pontból párhuzamost húzunk, jelöljük az E_3 és E_4 pontot
6. O_2A iránnyal párhuzamosan megrajzoljuk e_1 külső érintőt
7. O_2B iránnyal párhuzamosan megrajzoljuk e_2 külső érintőt



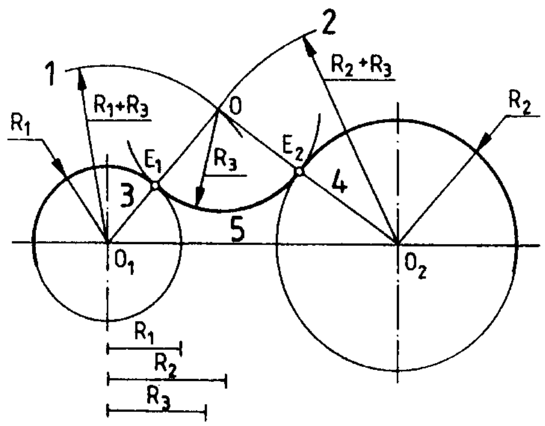
60. ábra

Külső érintőkör szerkesztése különböző átmérőjű körökhöz

Adott: O_1 és O_2 középponttal R_1 és R_2 sugarú kör, és a külső érintőkör R_3 sugara (**61. ábra**)

1. O_1 középpontból R_1+R_3 sugárral ívet rajzolunk
2. O_2 középpontból R_2+R_3 sugárral ívet rajzolunk, jelöljük az *O* pontot.
3. *O* és O_1 illetve O_2 ponton keresztül egyenest húzunk, jelöljük az E_1 és E_2 pontokat

O pontból R_3 sugárral E_1 és E_2 érintési pontok között ívet húzunk.



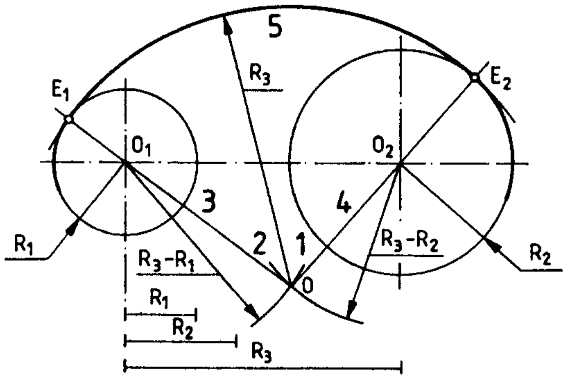
61. ábra

Belső érintőkör szerkesztése különböző átmérőjű körökhöz

Adott: O_1 és O_2 középponttal R_1 és R_2 sugarú kör, és a belső érintőkör R_3 sugara (**62. ábra**)

1. O_1 pontból R_3-R_1 sugárral ívet rajzolunk
2. O_2 pontból R_3-R_2 sugárral ívet rajzolunk, jelöljük az *O* pontot.
3. *O* és O_1 illetve O_2 ponton keresztül egyenest húzunk, jelöljük az E_1 és E_2 pontokat

O pontból R_3 sugárral E_1 és E_2 érintési pontok között ívet húzunk.



62. ábra

3. Vetületi ábrázolás

A térbeli alakzatok a térnek lapokkal és felületekkel határolt részei. Közös jellemzőjük, hogy térfogatuk van.

A mértani testek is térbeli alakzatok, amelyeket alkotóelemeik alapján két csoportba sorolhatunk:

- *szögletes* vagy *síklapú testek*re és
- *görbe felületű testek*re.

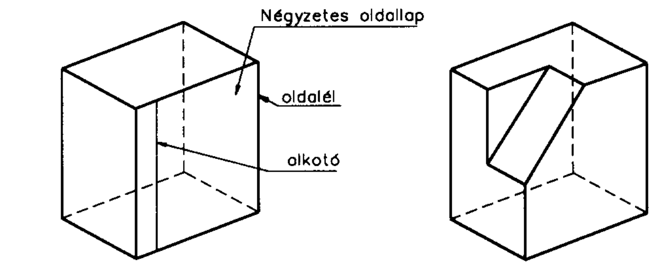
Az egyes csoportokba sorolható mértani testek a következők:

A *szögletes* vagy *síklapú testek* (**63. ábra**) legismertebb típusa a kocka, amelyet hat egybevágó négyzet határol, és így élei azonos hosszúságúak.

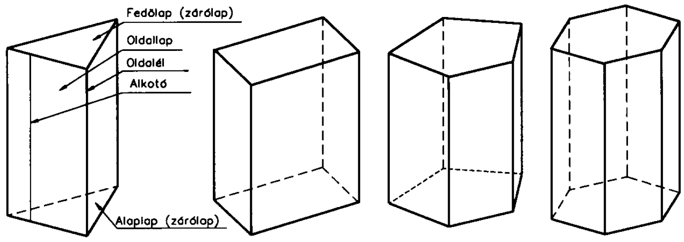
Ezenkívül gyakorlati jelentőségű elsősorban azoknak az alaplappal és oldalélekkel rendelkező testeknek van, amelyeknek oldaléleinél valamilyen szabályszerűség mutatkozik.

A síklapú testek sokféleségéből így kiemelhetők a rajzolási szempontból is érdekes

- hasábok (párhuzamos oldalélű testek) és
- gúlák (egy csúcsponton átmenő összehajló oldalélű testek).

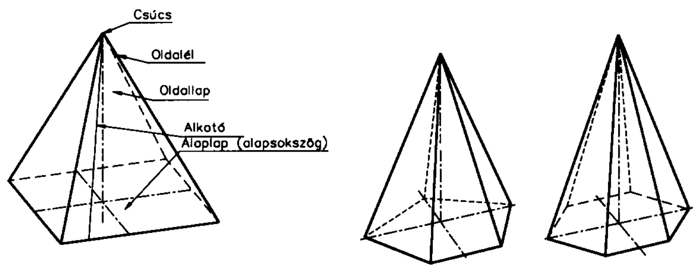


1. Kocka   Csonkolt kocka



Háromoldalú (prizma)   Négyoldalú   Ötoldalú   Hatoldalú

2. Hasábok

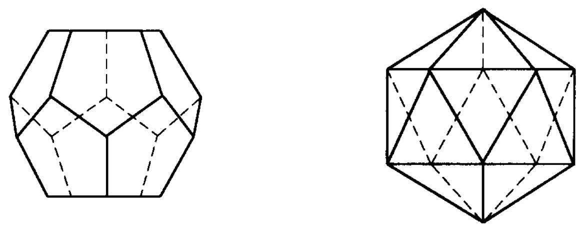


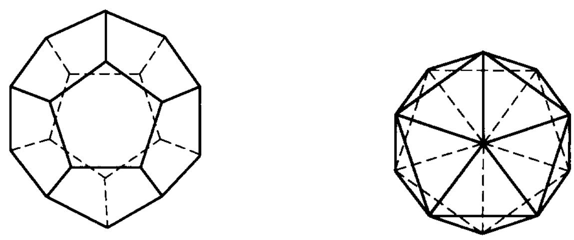
Négyoldalú   Ötoldalú   Hatoldalú

3. Gúlák



Tetraéder   Oktaéder





Dodekaéder   Ikozaéder

63. ábra

Vannak olyan síklapokkal határolt testek is, amelyeket egybevágó síkidomok határolnak. Ezek képezik a *szabályos mértani testek* csoportját.

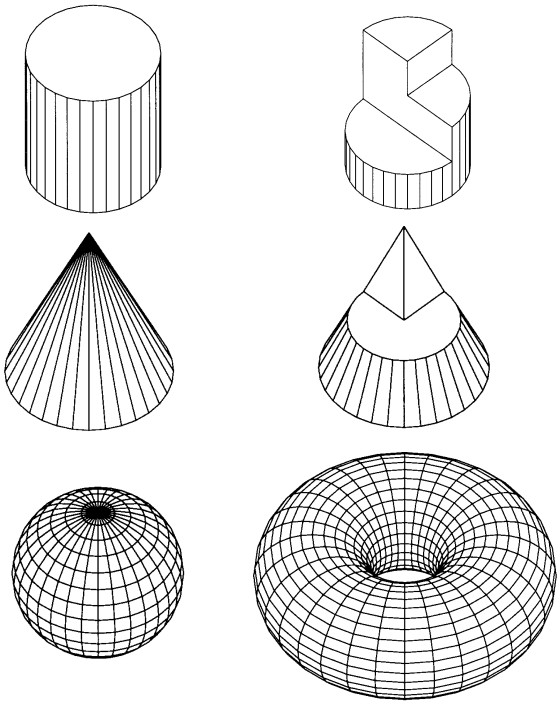
Egyenlő oldalú háromszögek határolják a *tetraédert*, az *oktaédert* és az *ikozaédert*, négyzetek határolják a kockát, az ún. *hexaédert*, szabályos ötszögek határolják a *dodekaédert.*

Jelöljük a szabályos mértani testek jellemzőit a következő betűkkel:

e_l az oldallapok oldalainak száma,
l a lapok száma
c a csúcsok száma,
e az élek száma,
e_c az egy csúcsban találkozó élek száma, akkor a következő áttekintő felsorolás készíthető:

A test megnevezése	e_l	l	c	e	e_c
Tetraéder	3	4	4	6	3
Oktaéder	3	8	6	12	4
Ikozaéder	3	20	12	30	5
Hexaéder	4	6	8	12	3
Dodekaéder	5	12	20	30	3

A görbe felületű testek (**64. ábra**) közül csak a forgástestekkel foglalkozunk, ide tartozik:
- henger,
- kúp,
- gömb,
- körgyűrűfelület.



4.1. Látás és ábrázolás, vetítési módok

A külső világ tárgyainak képét a szemünkbe érkező fénysugarak hozzák létre.

A látás alkalmával keletkező képet *centrális kép*nek nevezzük (**65. ábra**). Az ilyen vetítés esetén a *szem a vetítési középpont* vagy *centrum*, a tárgy pontjainak látósugarai a vetítősugarak, a képalkotási eljárás pedig a *centrális* vagy *középponti vetítés*.

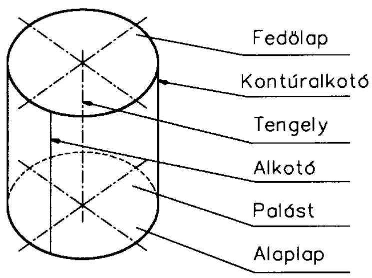
A centrális vagy középponti vetítéssel keletkező kép nem azonos nagyságú a tárggyal, mivel a kép nagysága a tárgy helyzetétől függ. Így a képsíkhoz közelebbi tárgy vagy méret kisebbnek, a képsíktól távolabb lévő pedig nagyobbnak látszik. Ezért a centrális vetítési mód nem alkalmas a műszaki rajzok készítésére.

Paralel vagy *párhuzamos vetítés* esetén a vetítési középpont a végtelenben van, ezért az onnan jövő fénysugarak (vetítősugarak) párhuzamosnak tekinthetők. Az így keletkező kép független a képsík és a tárgy távolságától, és a tárgy, valamint a képsík speciális helyzetében a testet határoló síkidomok alak- és mérethelyes megmutatására alkalmas (**66. ábra**).

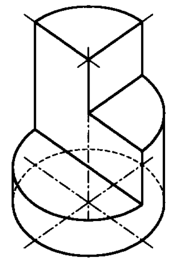
A képsíkra vetített képet *vetület*nek nevezzük. Attól függően, hogy a vetítősugarak iránya a képsíkhoz viszonyítva merőleges vagy ferde, a vetítés *merőleges* (ortogonális), ill. *ferdeszögű* (klinogonális) lehet.

3.2. Merőleges vetítés

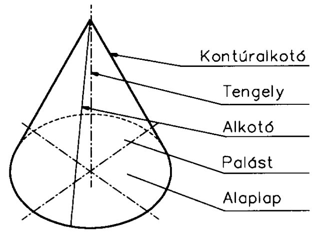
Merőleges párhuzamos vetítés esetén az egymással párhuzamos vetítősugarak a képsíkra merőlegesek. A merőleges vetítés a képsíkkal párhuzamos síkidom képét alak- és mérethelyesen viszi át a képsíkra.



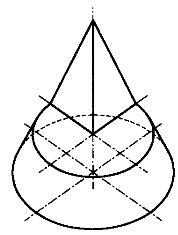
1. Henger



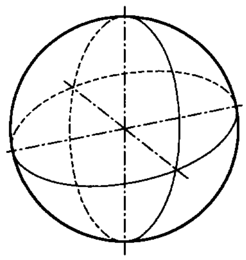
Csonkolt henger



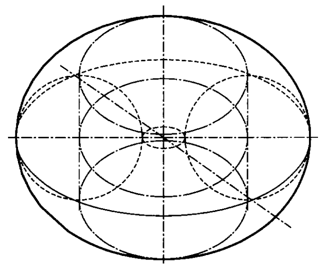
2. Kúp



Csonkolt kúp

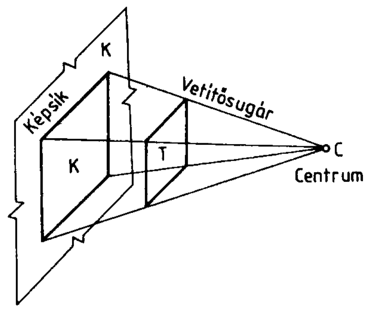


3. Gömb



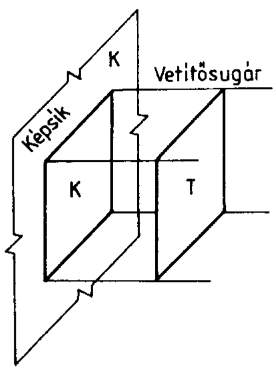
4. Körgyűrűfelület

64. ábra



K képnagyság
T tárgynagyság
K ≠ T

65. ábra



K képnagyság
T tárgynagyság
K = T

66. ábra

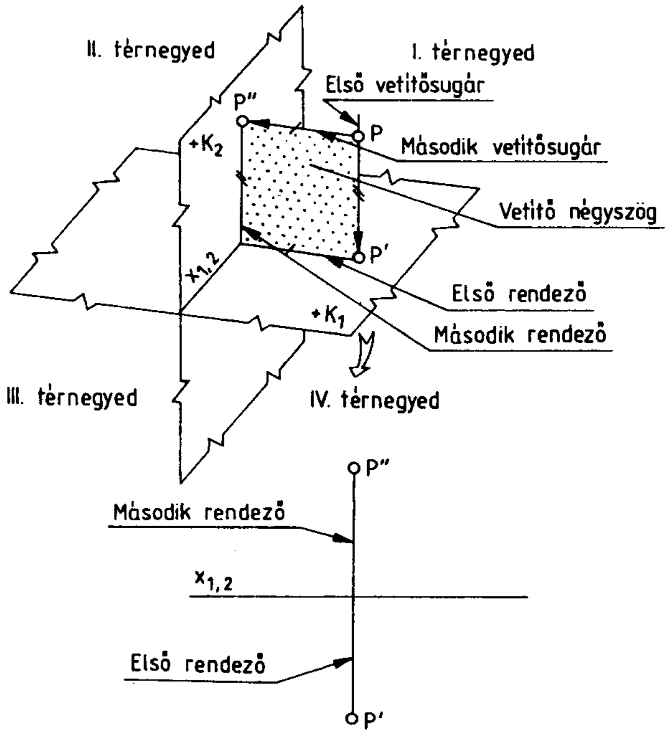
3.2.1. Térelemek ábrázolása

A műszaki ábrázolás céljaira a *merőleges párhuzamos vetítés* felel meg a legjobban. Egy térbeli alakzat egyértelmű meghatározásához rendszerint nem elegendő egy merőleges vetület, mivel ez csak a test két kiterjedésének megmutatására alkalmas. A tárgyakról ezért általában *két különböző vetületet* készítünk, két egymásra merőleges képsíkon.

*A két képsíkos ábrázolás*t megalkotójáról *(G. Monge, 1764-1818) Monge-féle ábrázolás*nak is nevezik.

A vízszintes helyzetű képsíkot *első képsík*nak nevezzük, a *felülnézet képsikjá*nak jele: K_1, a függőleges állásút második képsíknak, az elölnézet képsíkjának nevezzük, jele: K_2. Az első és második képsík metszésvonala a képtengely, amelyet $x_{1,2}$-vel jelölünk. Az x betű a latin axis (magyar jelentése tengely) szóból származik, az 1,2 index arra utal, hogy az első és a második képsík metszésvonala.

A térben egymásra merőleges síkokon képzett P', P" vetületek közül a P" a helyén marad, a P' első vetületet a P" síkjába fordítva ábrázoljuk. Így egy pont összetartozó két vetülete egy függőleges egyenesen látható (**67. ábra**), mégpedig, ha a pont az első *térnegyed*ben van, a pont felülnézeti képe az elölnézeti kép alatt helyezkedik el.



67. ábra

3.2.2. Három képsíkos ábrázolás

Egyes térgeometriai formák vagy ipari alakzatok egyértelmű meghatározása, részleteinek alaposabb megmutatása érdekében, az általánosan használt elölnézeten (K_2) és felülnézeten (K_1) kívül gyakran megszerkesztjük az alakzat *harmadik kép*ét, az *oldalnézetét* is.

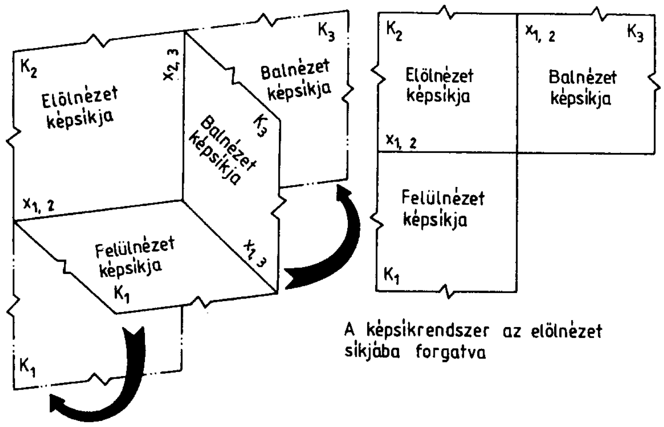
A műszaki gyakorlatban a testeket olyan helyzetben ábrázoljuk, hogy síkfelülete a képsíkkal párhuzamos vagy rá merőleges legyen. A profilsíkban levő elemek helye a két vetület alapján betűzés nélkül - nehezen ismerhető fel, ezt az oldalnézeten lehet szemléletesen bemutatni.

Az *oldalnézet* merőleges az elölnézet és a felülnézet képsíkjára, *képsíkjainak jele K_3*. Kapcsolhatjuk az eddig megismert két képsík jobb vagy bal oldalára, ennek megfelelően *bal-* (**68. ábra**), ill. *jobb-nézetnek* (**69. ábra**) nevezzük.

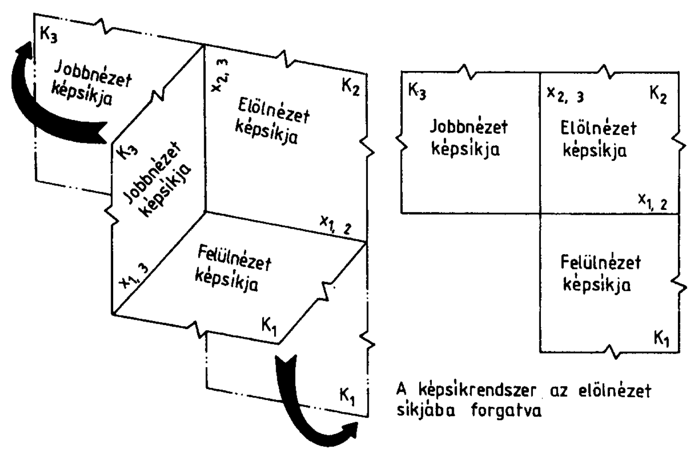
A három képsík *derékszögű képsíkrendszert* alkot, amelyben az eddigi két képsíkos rendszert balnézet vagy jobbnézet egészít ki. *A három képsíkos rendszert is egy közös síkba, az elölnézet síkjába fordítva rajzoljuk meg.*

A harmadik kép készítésének elve ugyanaz, mint az elölnézet vagy a felülnézet képsíkjáé volt. A harmadik képsíkra is merőlegesen vetítünk, így a vetítősugarak párhuzamosak az $x_{1,2}$ tengellyel.

Kövessük végig az eddig megismert térelemek három képsíkos ábrázolási módját.



68. ábra



69. ábra

3.3. Síklapú testek vetületi ábrázolása

A síklapú testek vetületi ábrázolása során megismerkedünk a kocka, a különböző oldalszámú hasábok és gúlák három vetületének megrajzolásával, valamint a kocka, a négyzetes és a hatoldalú hasáb egyszerű csonkolt formáinak vetületeivel.

3.3.1. A kocka vetületi ábrázolása

A kocka az egyik legegyszerűbb térbeli forma, így a mértani testek vetületi ábrázolásának értelmezéséhez a legalkalmasabb.

A kocka mögé képzeljünk el egy függőleges képsíkot (K_2), a képsíkra merőleges vetítősugarak meghatározzák a kocka elölnézetét. A szabályos beállításból adódik, hogy a kocka csúcsai a vetítési irányban *fedőpontokat* alkotnak, így a kocka vetülete azonos alakú és méretű lesz a vetítés irányába eső négyzetes oldallappal (**70. ábra**).

A csúcsok vetületének jelölési rendszere mutatja a fedőpontokat, ugyanakkor láthatjuk azt is, hogy a kocka vetítési irányba eső kiterjedését a vetülete nem tudja érzékeltetni. Hasonló képalkotási szabályok érvényesülésével megrajzolható a kocka másik két képe is.

A képalkotás törvényeinek értelmezésére rajzoljuk meg a kocka vetületeit a három képsíkos rendszerben a **71. ábra** szerint. Az egyes vetületek képzése megegyezik az elölnézet képzési szabályaival, és jelölési rendjük követi az egyes vetületek képzési irányát. A kocka minden egyes oldala valamelyik vetületén alak- és mérethelyesen látszik.

A mértani test határoló felületeinek célszerű összekapcsolásából kialakított szabástervet az adott test *háló*jának nevezzük. A hálórajzot szabástervek elkészítéséhez használjuk.

Természetesen meg kell ismerkednünk a kocka csonkolt formájával is a három képsíkos rendszerben. A *csonkolt kocka* a kockából síkmetszéssel keletkező test.

A **72. ábra** *többszörösen csonkolt kockát* ábrázol szemléltető- és vetületi rajzaival.

A vetületi ábrázolás során először megrajzoljuk a teljes kocka vetületeit, majd a csonkolásból származó elemeket rajzilag eltávolítjuk a befoglaló formából.

Összetett formánál természetesen a *láthatóság* megállapítására is nagy figyelmet kell fordítani.

Többszörösen csonkolt összetett forma vetületi ábrázolásának munkamenete tehát a következő:

Adott:

1. A csonkolt kocka az ábra szerinti szemléltető képével (vagy a rajzolás alapjául szolgáló modell).
2. A rajzi kivitelezéshez szolgáló mérethálózat (modell esetén a méreteket is magunk vesszük fel).

Meghatározzuk:

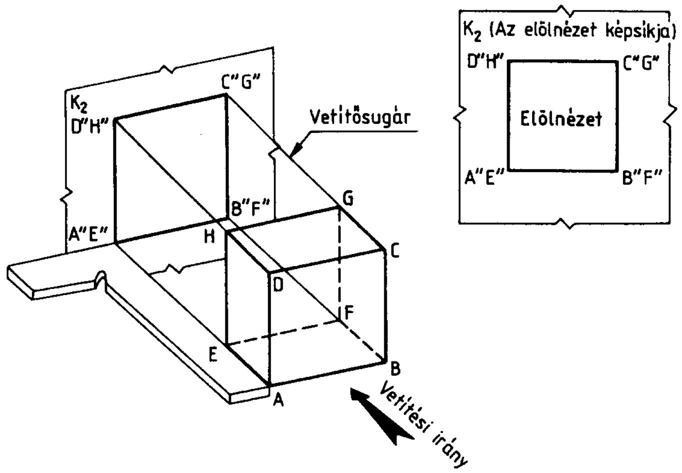
1. az elölnézet képzési irányát;
2. a kiegészítő vetületek - a felülnézet és az oldalnézet-elölnézettel összhangban levő - képzési irányát.

A rajzi tanulmányaink kezdetén a gyakorlás szándékával, a jelölt három irányból célszerű rendezett vetületeket rajzolni.

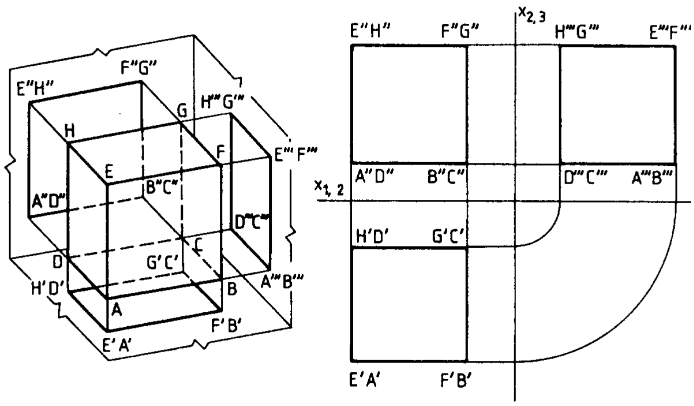
Megrajzoljuk:

1. A kocka - mint befoglaló idom - rendezett három vetületét.
2. A majd a csonkolásból származó elemeket rajzilag eltávolítjuk a befoglaló formából.

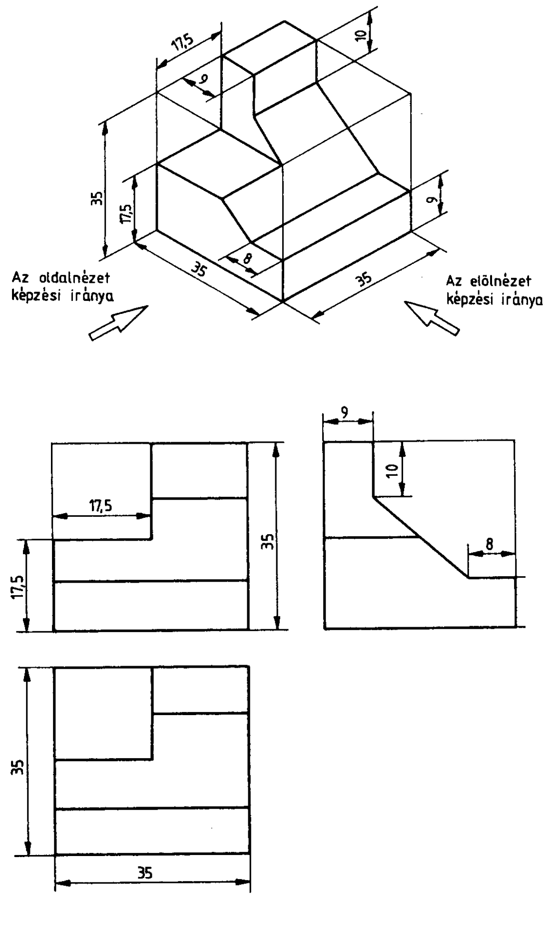
Gyakorlással elérhető, hogy a nézetek, a szerkesztéshez szükséges tengelyek és rendező nélkül is egyértelműeknek tűnjenek



70. ábra



71. ábra



72. ábra

3.3.2. A hasáb vetületi ábrázolása

A *hasáb* a kockához hasonlóan szintén síklapokkal határolt térgeometriai forma, aminek alaplapja tetszőleges sokszög, oldallapjai paralelogrammák.

Ha a hasáb minden oldallapja téglalap, akkor a hasábot *egyenes hasábnak* nevezzük. Azokat a hasábokat, amelyeknek alaplapjai szabályos sokszögek, *szabályos hasáboknak* nevezzük. Az alapsokszög oldalainak száma szerint a hasábok lehetnek *háromoldalú*, *négyoldalú*, *ötoldalú* és *hatoldalú hasábok*, ettől eltérő esetben is az alapsokszög oldalainak száma adja a hasáb megnevezését.

Az oldallapok metszésvonalát *oldaléleknek*, az oldallapokon az oldalélekkel párhuzamos egyeneseket *alkotóknak* nevezzük.

A hasáb vetületeit a három képsíkos rendszerben a **73. ábra** mutatja. A vetületek képzésén, a csúcsok számozásán kívül a hasáb szélességi, magassági és vastagsági jellemzőit is megadtuk. Jól látható, hogy egy-egy vetület a hasáb két geometriai jellemzőjét mutatja meg, így az elölnézet a hasáb szélességét és magasságát, az oldalnézet pedig a hasáb vastagságát és magassági méretét adja meg.

A hasáb méreteit megadó három kiterjedés két összetartozó vetületről meghatározható.

A gyakorlatban mindig csak annyi vetületet rajzoljunk, amennyi az egyértelmű alak- és méretmegadáshoz szükséges.

A kockát és a hasábot szabályos beállításban ábrázoltuk, ami azt jelenti, hogy egyes felületei a képsíkokkal párhuzamosak, ill. egyes képsíkokra merőlegesek voltak. Az ilyen beállítás előnye az, hogy az egyes nézetek a vetítési irányra merőleges felületekkel azonos nagyságúak.

Ez a szabályos beállítás nem minden esetben valósítható meg, gondoljunk a három- vagy hatoldalú hasábra. A hasáb alakjából adódóan nem minden felülete lesz merőleges a vetítési irányra.

Szabályos háromoldalú hasáb vetületi ábrázolása

A *szabályos háromoldalú hasáb* alap- és fedőlapja egyenlő oldalú háromszög, oldalélei és alkotói az alaplapra merőlegesek. Az alap- és a fedőlapot általánosan *zárólapoknak* nevezzük.

A szabályos háromoldalú hasáb vetületeit a három képsíkos rendszerben a **74. ábra** mutatja.

Szabályos ötszög alapú hasáb vetületi ábrázolása

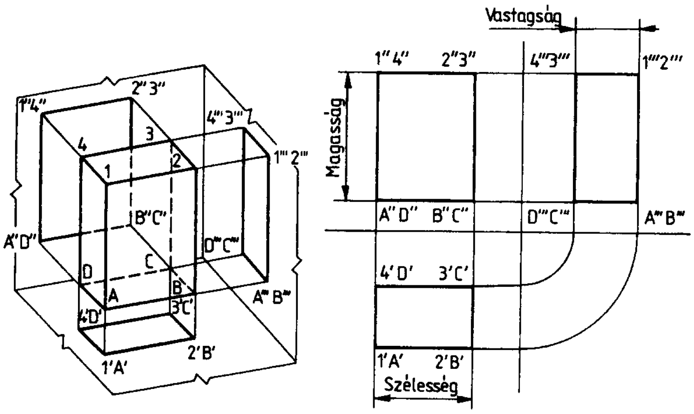
Az első képsíkon álló szabályos ötszög alapú egyenes hasáb vetületi ábrázolását a felülnézet megrajzolásával kezdjük, mivel a hasáb fedő helyzetű zárólapjainak vetülete itt szabályos ötszög. Az ötszög helyzete határozza meg a hasáb oldallapjainak, ill. az azokat határoló éleknek az elöl- és oldalnézetét. A hasáb vetületeinek megrajzolásakor a nem látható és a fedő helyzetű oldalélek értelmezése is szükséges.

A szabályos ötszög alapú hasáb vetületeit a három képsíkos rendszerben a **75. ábra** mutatja

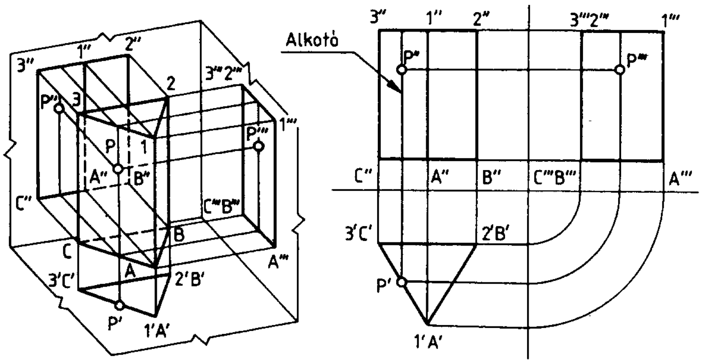
Szabályos hatszög alapú hasáb vetületi ábrázolása

Az első képsíkon álló szabályos hatszög alapú egyenes hasáb vetületi ábrázolását - az előző feladathoz hasonlóan - szintén a *felülnézet* megrajzolásával kezdjük. Itt a hasáb fedő helyzetű zárólapjainak vetülete szabályos hatszög. A hatszög helyzete határozza meg ismét a hasáb oldallapjainak, ill. az azokat határoló éleknek az elöl- és felülnézetét.

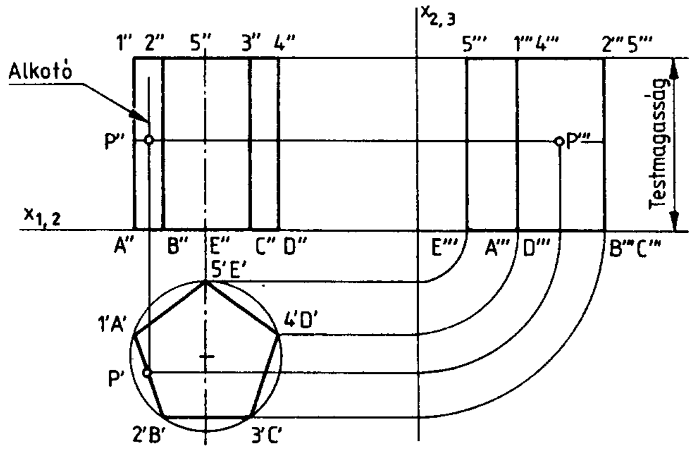
A szabályos hatszög alapú hasáb vetületeit a három képsíkos rendszerben a **76. ábra** mutatja.



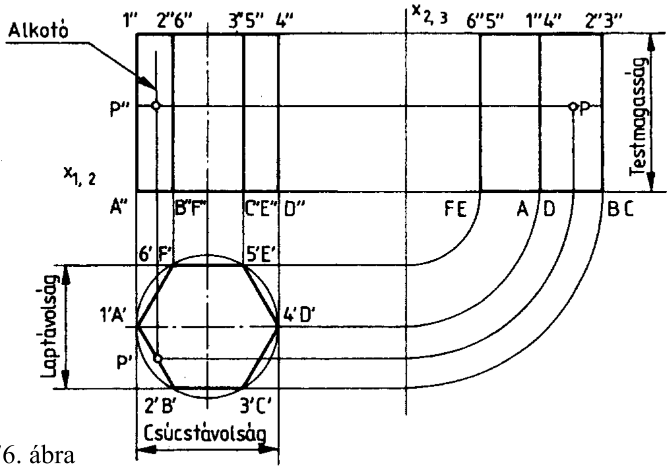
73. ábra



74. ábra



75. ábra



76. ábra

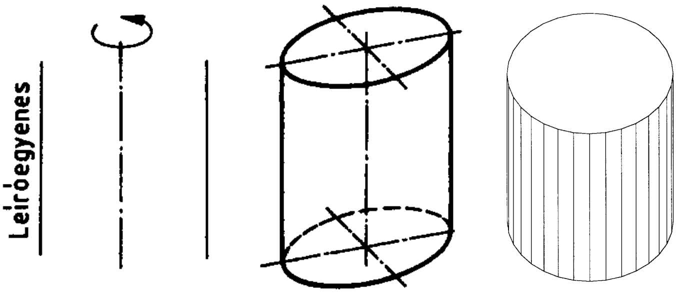
3.4. Forgástestek vetületi ábrázolása

Ha egy tengely körül egy egyenest vagy egy görbe vonalat megforgatunk, *forgásfelület* keletkezik. A forgatott egyenest vagy görbét az adott felület *leíróegyenesének* vagy *leírógörbéjének* nevezzük.

Az egyenes vagy görbe vonal pontjai körpályán mozognak, ennek síkjai merőlegesek a tengelyre, és középpontjuk a tengelyen van. A körök síkjai egymással párhuzamosak, ezért ezeket a köröket a *felület párhuzamos köreinek - paralelköreinek* - is nevezzük.

A forgásfelület tengelyére illeszkedő síkokat a felület *meridiánsíkjainak* nevezzük. Eszerint minden forgásfelület előállítható a felület tengelyét tartalmazó síkban fekvő leíróegyenes vagy leírógörbe forgatásával.

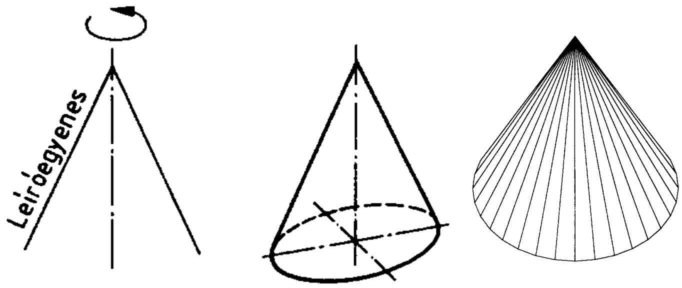
A forgásfelület legegyszerűbb helyzete az, ha tengelye merőleges az első képsíkra. Ekkor a tengely első képe egyetlen pont, második képe rendezőirányú egyenes. A meridiánsíkban fekvő leíróegyenes vagy leírógörbe második képe eredeti alakú, és egyben megadja a felület elölnézeti képhatárát is.



77. ábra

Forgáshenger akkor keletkezik, ha egy egyenest vele párhuzamos tengely körül forgatunk. A hengert leíró egyenes a henger alkotója.

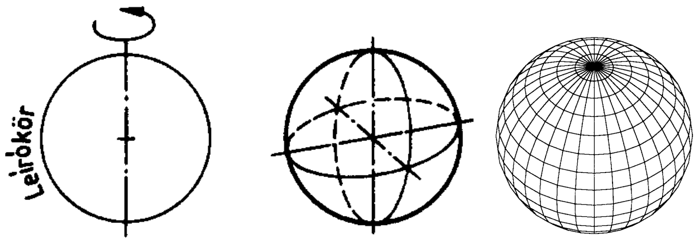
Feladatainkban a végtelen hengerfelületnek csak két paralelköre által meghatározott részét ábrázoljuk (**77. ábra**).



78. ábra

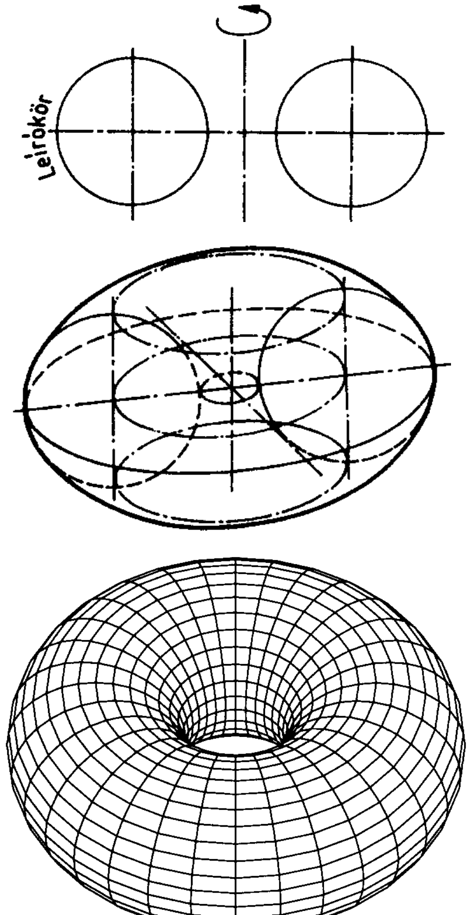
Forgáskúp akkor keletkezik, ha egy egyenest az őt metsző tengely körül forgatunk. A kúpot leíró egyenes a kúp alkotója.

Feladatainkban a végtelen kúpfelületnek csak a kúp csúcsa és egy paralelköre - alapköre- által meghatározott részét ábrázoljuk (**78. ábra**).



79. ábra

Gömb akkor keletkezik, ha egy kört valamelyik átmérője körül forgatunk (**79. ábra**).



80. ábra

Körgyűrűfelület vagy tórusz akkor keletkezik, ha egy olyan kört, amelynek középpontja nincs rajta a forgástengelyen, a tengely körül megforgatunk (**80. ábra**).

3.4.1. A henger vetületi ábrázolása

A henger olyan forgástest, amelyet a forgástengelyével párhuzamos egyenes forgatásával kapunk. Az egyenest *hengeralkotónak* és a forgatásával kirajzolt felületet *hengerpalástnak* nevezzük.

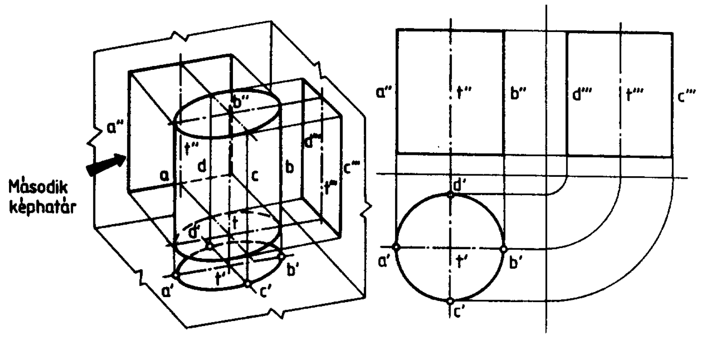
A henger alap- és fedőlapja kör alakú, alkotói párhuzamosak.

A szemléltető ábrán és vetületi képeivel ábrázolt henger tengelye és alkotói az első képsíkra merőlegesek, a henger az első képsíkhoz viszonyítva vetítő helyzetű (**81. ábra**).

Alap- és fedőlapjának első képe egybeesik, és ez a kör a henger első képe, vagyis felülnézete.

A hengert érintő második vetítősugarak meghatározzák a henger második kontúralkotóit, az *a* és *b* jelű alkotókat. A kontúralkotók vetületei a zárólapok vetületével kiegészítve meghatározzák a henger második képének határát, amely álló körhenger esetén derékszögű négyszög.

A hengert érintő harmadik vetítősugarak meghatározzák a henger harmadik kontúralkotóit, a *c* és *d* alkotókat, amelyek vetületei a zárólapok vetületével kiegészítve meghatározzák a henger harmadik képének határát.



81. ábra

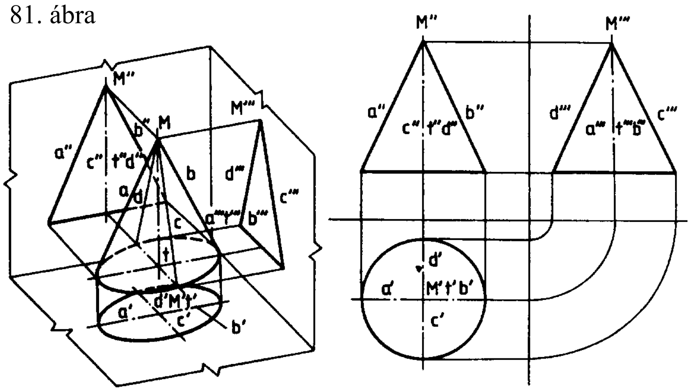
3.4.2. A kúp vetületi ábrázolása

A kúp olyan forgástest, amelyet a forgástengelyt metsző egyenes tengely körüli forgatásával kapunk. Alaplapja kör, alkotói egy pontban, a kúp csúcspontjában metszik egymást.

Az első képsíkra merőleges tengelyű kúp első képét alapkörének vetülete határolja.

A kúpot érintő második vetítősugarak meghatározzák a kúp második kontúralkotóit, az *a* és *b* alkotókat. A kontúralkotók vetületei az alaplap vetületével kiegészítve meghatározzák a kúp második képének határát, ami álló körkúp esetén egyenlő szárú háromszög (kivételes esetben egyenlő oldalú háromszög).

A kúpot érintő harmadik vetítősugarak meghatározzák a kúp harmadik kontúralkotóit, a *c* és *d* alkotókat, amelyek vetületei, az alaplap vetületével kiegészítve meghatározzák a kúp harmadik képének határát, a kúp oldalnézetét (**82. ábra**).



82. ábra

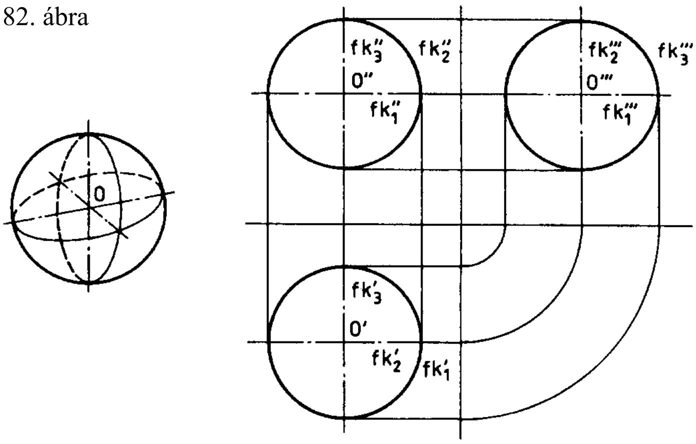
3.4.3. A gömb vetületi ábrázolása

A gömb olyan forgástest, amelyet egy körnek valamelyik középvonala (tengelyvonala) körüli forgatásával kapunk. A megforgatott kör középpontja egyúttal középpontja a gömbnek is, és egyenlő távolságra van a gömbfelület minden pontjától. Ez a távolság a *gömb sugara*.

A forgatás során a kör minden pontja körpályán mozog. A körpályák síkjai a tengelyre merőlegesek, egymással párhuzamosak, ezért azokat *paralelköröknek* nevezzük. A gömb középpontján átmenő síkon van a legnagyobb gömbi kör, amit f*őkörnek* nevezünk.

A gömb főkörének sugara egyenlő a gömb sugarával.

Az egyes képsíkokra merőleges vetítősugarak a gömböt a főkörei - kontúrkörei - mentén érintik. A kontúrkörök vetületei határolják a gömb nézeteit a három képsíkos rendszerben. A gömb ábrázolását a ebben rendszerben a **83. ábra** mutatja.

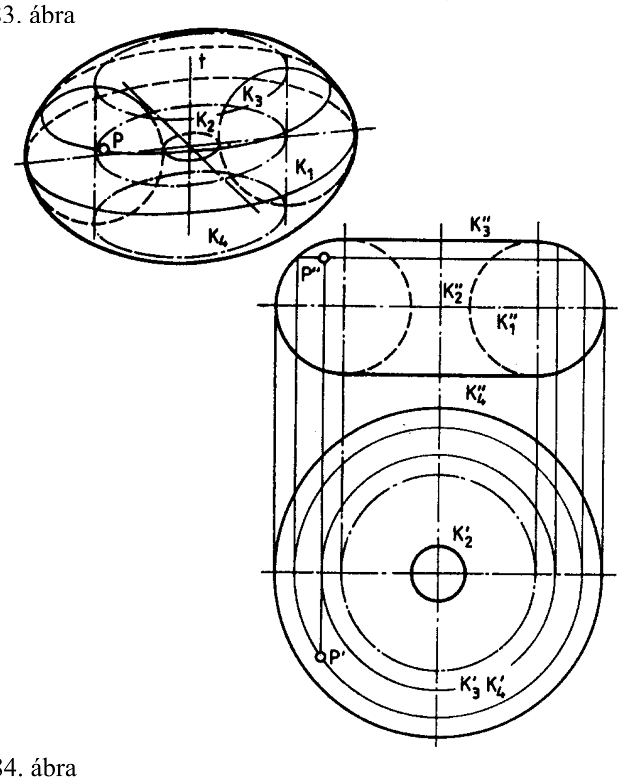


83. ábra

3.4.4. A körgyűrűfelület vetületi ábrázolása

A körgyűrűfelület - vagy tórusz - olyan forgásfelület, amelyet egy körnek, a kör síkjában fekvő, de a középpontján át nem haladó tengely körüli forgatásával kapunk.

A **84. ábra** az első képsíkra merőleges tengelyű körgyűrűfelület szemléltető képét és két vetületét mutatja.



84. ábra

4. Axonometrikus ábrázolás

A gépalkatrészeket a vetületi rajzkészítés szabályai szerint ábrázoljuk, mégpedig olyan vetítési rendszerben, amelyben a képsík párhuzamos a tárgy valamely oldalával.

A nézetrend szerinti vetületek értelmezése rajzolási és rajzolvasási gyakorlatot kíván. Beállítható a tárgy úgy is, hogy oldalai a képsíkhoz viszonyítva ferdén helyezkedjenek el. Az így készített vetületen minden torz ugyan, de szemléletesebb képet kapunk.

Az axonometrikus ábrázolás olyan módszer, amellyel a térbeli alakzatról *szemléltető*, *térhatású képet* tudunk szerkeszteni. A szemléltető képet egy térbeli derékszögű tengelyrendszer felvételével állítjuk elő (**85. ábra**).

A térbeli derékszögű tengelyrendszer helyzetétől függően van *egyméretű*, *kétméretű* és *frontális* axonometria.

4.1. Az axonometrikus ábrázolás fajtái

4.1.1. Az egyméretű (izometrikus) axonometria

Az egyméretű vagy izometrikus axonometriában a tengelykereszt *x*, *y* és *z* tengelyének egymással bezárt szöge 120°. A *z* tengely *függőleges*, így az *x* és az *y* tengely a vízszinteshez képest 30°-os *szöget zár* be. Az ábrázolni kívánt forma méreteit mindhárom irányban *teljes nagyságban* kell felmérni (**86. ábra**).

4.1.2. A kétméretű (dimetrikus) axonometria

A kétméretű vagy dimetrikus axonometriában a *z* tengelyt megtartjuk függőlegesnek, a vízszintes tengelyirányokat pedig 1:8 és 7:8 arányú lejtéssel rajzoljuk meg. Így az *x* tengelyt 97°-ra, az *y* tengelyt pedig 131°30' -re rajzoljuk a függőleges *z* tengelytől.

Az *x* és a *z* tengelyekre a hosszméreteknek megfelelő méreteket, míg az *y* tengely irányában csak a *méret felét* kell felmérni.

A tengelyrendszert szögmérő nélkül is meg lehet szerkeszteni, tetszőleges hosszegység felvételével a **87. ábra** szerint.

A kétméretű axonometrikus kép a *valóságot legjobban megközelítő általános képet* ad, de a tengelyek kirajzolása megnehezíti a szerkesztést és a rajzi kivitelezést.

A **88. ábra** a kétméretű axonometria jobbos és balos tengely-rendszerét mutatja.

4.1.3. A frontális (kavalier) axonometria

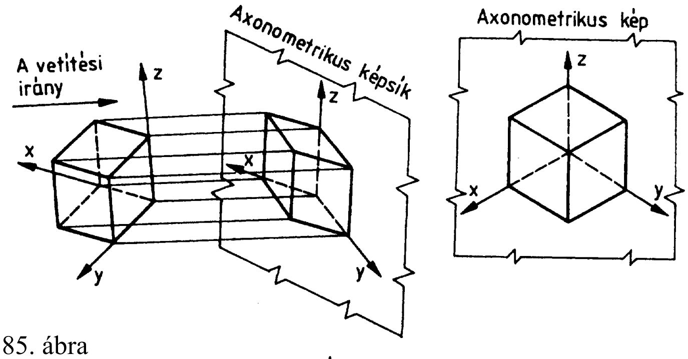
A frontális vagy kavalier axonometriában a *z* tengely függőleges helyzetű. Az *x* tengely a *z* tengelyre merőleges, és mindkét tengelyre a méreteket *valódi nagyságban* rajzoljuk.

Az *y* tengelyt a vízszinteshez képest 45°-os lejtéssel rajzoljuk, és a méreteket 1:2 arányú rövidüléssel mérjük fel.

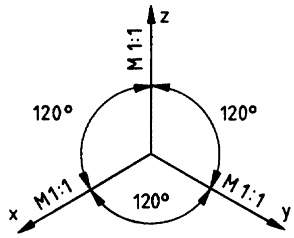
A **89. ábra** a frontális axonometria tengelyrendszerét mutatja.

Ez a tengelyrendszer is megrajzolható *jobbos* és *balos* változatban (**90. ábra**).

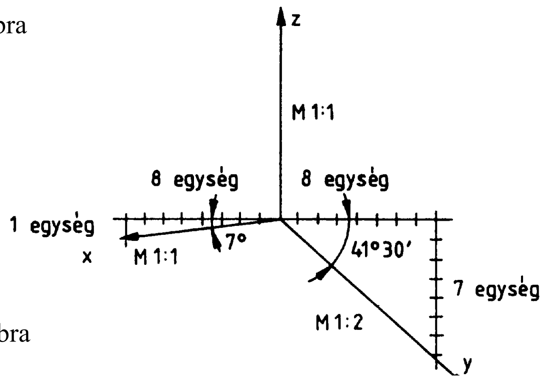
A frontális axonometria nagy előnye, hogy tengelyei könnyebben megrajzolhatók, mint a kétméretű axonometria tengelyei. Az *x-z* síkban az elölnézeti kép torzulás nélkül rajzolható, ami főleg az elölnézetben szereplő kör ábrázolását könnyíti meg.



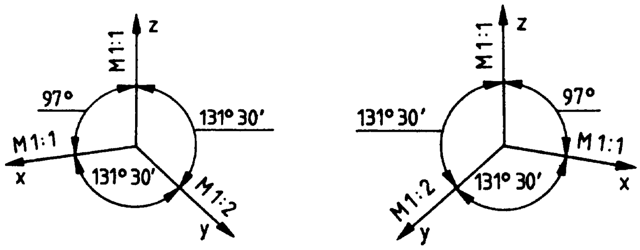
85. ábra



86. ábra



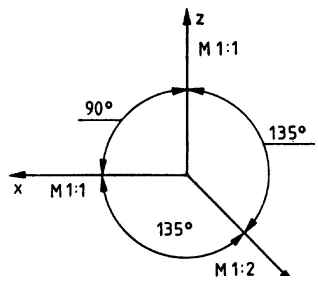
87. ábra



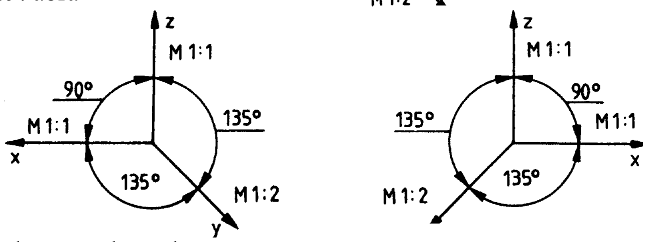
Balos tengelyrendszer

Jobbos tengelyrendszer

88. ábra



89. ábra



Balos tengelyrendszer

Jobbos tengelyrendszer

90. ábra

4.2. Síklapú testek axonometrikus ábrázolása

Testek axonometrikus ábrázolását az eddig megismert axonometrikus tengelyrendszerekben végezhetjük el. Az ábrázolás rajzi kiviteléhez elengedhetetlenül szükséges a tengelyek által meghatározott síkokon fekvő síkidomok axonometrikus ábrázolásának ismerete a különböző axonometrikus ábrázolási módokban.

A síklapú testek axonometrikus ábrázolását megkönnyíti, ha olyan éleket és felületeket kell ábrázolnunk, amelyek *párhuzamosak* az axonometriában megrajzolt tengelyirányokkal.

4.2.1. A kocka axonometrikus ábrázolása

A kocka az egyik legegyszerűbb, síkokkal határolt test. Határoló lapjainak azonos geometriai méretei axonometrikus ábrázolását is megkönnyítik.

A **91. ábra** a kocka axonometrikus ábrázolását mutatja egyméretű, kétméretű és frontális axonometriában.

A szerkesztést két lépésben látjuk. Az első lépés értelmezéséhez tartozik, hogy a kocka szabályos beállítású, alaplapjának élei párhuzamosak az *x* és az *y* tengelyekkel, és így a felülnézet képsíkjára helyezett mindhárom képsíkot érintő kockára kell gondolnunk:

A szerkesztés menete:

1. A kocka oldalélének hosszát felmérjük az axonometrikus tengelyekre az adott méretarány szerint, majd párhuzamos csúsztatással megrajzoljuk először a kocka alaplapját, utána oldaléleinek irányát.
2. Lehatároljuk az oldalélek magasságát, megrajzoljuk a kocka fedőlapját és láthatóság szerint kihúzzuk a kocka éleit.

4.2.2. Mértani testek axonometrikus ábrázolása

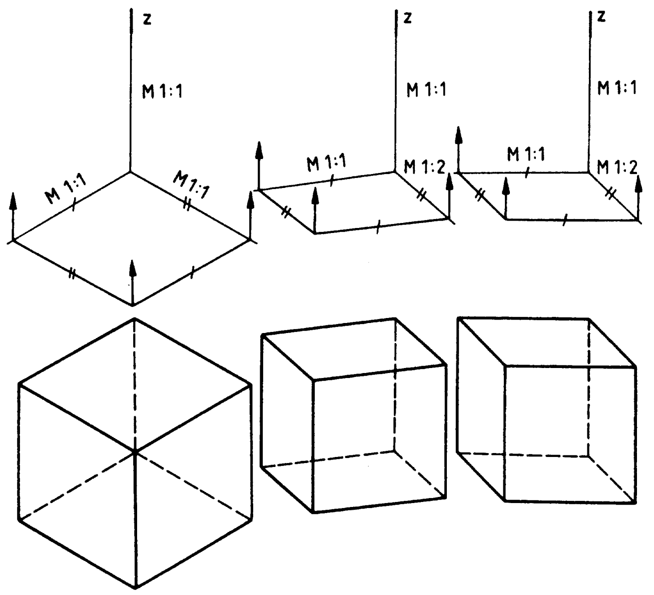
Kockából csonkolt összetett mértani testek axonometrikus ábrázolására három szerkesztési mód is lehetséges. Mindhárom axonometrikus szerkesztés alapja az, hogy a tárgyat vagy annak három vetületét ismerjük (**90.a ábra).**

Szerkesztési módok:

1. Megrajzoljuk a csonkolt síklapú test felülnézetének axonometrikus képét az adott axonometrikus tengelyrendszer *x-y* síkjában, majd minden csúcspontot az elölnézetről, ill. az oldalnézetről értelmezhető és mérhető magasságba szerkesztéssel „*felemelünk*”, majd az egyes csúcspontokat térbeli helyzetük sorrendjében összekötjük, és láthatóság szerint kihúzzuk (**91.b ábra**).

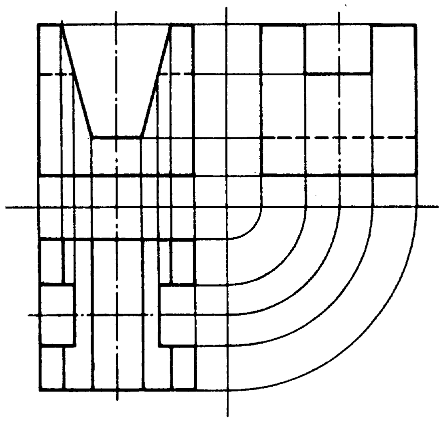
2. Megrajzoljuk a csonkolt síklapú test befoglaló formájának axonometrikus képét az adott axonometrikus tengelyrendszerben, majd a teljes forma lebontásával készülő axonometrikus ábrához olyan részidomokat vagy negatív formákat keresünk, amelyek megrajzolását a befoglaló alakzatban felvett síkok, ill. azok metszései lehetővé teszik (**92.c ábra**).

3. Az axonometrikus ábra az axonometrikusan ábrázolt *építőidomok összerakásával* is elkészíthető.

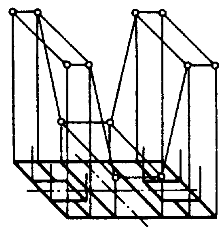


Egyméretű axonometria | Kétméretű axonometria | Frontális axonometria

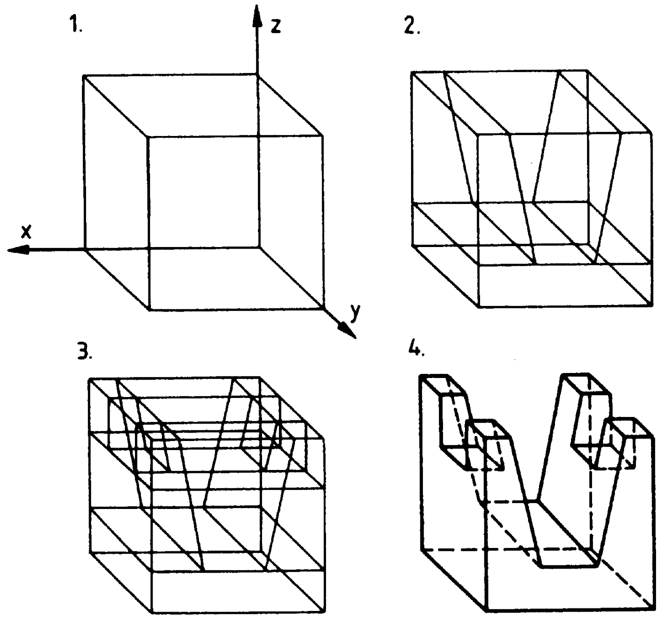
91. ábra



92.a ábra



92.b ábra



92. ábra

92.c ábra

4.3. A görbe felületű testek axonometrikus ábrázolása

A jellegzetes görbe felületű testek, a henger a kúp és a gömb axonometrikus ábrázolása esetén az axonometrikus tengelyekkel párhuzamos élek és síkok megrajzolása a legkönnyebb, ezért törekedni kell arra, hogy minden test befoglaló formáját az axonometrikus tengelyekkel meghatározott, ill. azokkal párhuzamos síkok határolják.

A hengernek és a kúpnak ez a síklapokkal határolt *befoglaló formája* a kocka vagy a négyzetes hasáb, a gömbnek a kocka.

A **93. ábra** a kocka felületeire rajzolható körök axonometrikus képeit mutatja, összefoglaló ábrát adva ezzel a körvonal axonometrikus képének - az ellipszisnek - alakjáról és helyzeteiről szabályos beállítás esetén.

4.3.1. A henger axonometrikus ábrázolása

A henger axonometrikus ábrázolását a **94. ábra** mutatja. A szerkesztés alapja a kör egyméretű, kétméretű és frontális axonometrikus képének ismerete.

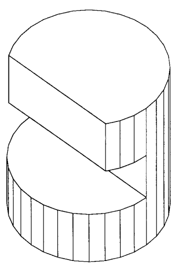
Az ábrázolást kezdjük a síklapokkal határolt *befoglaló forma*, a kocka vagy négyzetes hasáb megrajzolásával az adott tengelyrendszerben.

Rajzoljuk meg a kör axonometrikus képét az alaplapra, majd az ellipszis kirajzolásához szükséges nyolc jellegzetes pontot vetítsük át a henger másik záró felületére, és rajzoljuk meg az ellipszist. A két ellipszishez érintőt rajzolva lehatárolható a henger.

Megszerkeszthető a henger axonometrikus képe a teljes befoglaló forma felrajzolása nélkül is. Ebben az esetben csak az alaplapot rajzoljuk meg. Az alaplapon nyolc jellegzetes pontból alkotót rajzolunk, erre mérjük a henger testmagasságát, és így rajzoljuk meg a másik zárófelületet.

4.3.2. Forgástestek axonometrikus ábrázolása

A *csonkolt henger* frontális axonometrikus képének szerkesztéséhez ismernünk kell a tárgyat vagy annak vetületi rajzát.
Szemléltető kép:



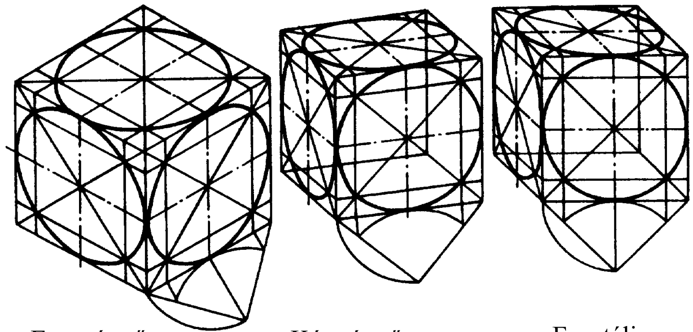
A csonkolt mértani testek - így a csonkolt henger - axonometrikus képének *szerkesztési módszerei:*

1. A felülnézetből kiindulva a jellegzetes pontok térbeli helyzetének megszerkesztése.

2. A befoglaló formából kibontva (a **95. ábra** négy lépésre bontva mutatja ezt a szerkesztést).

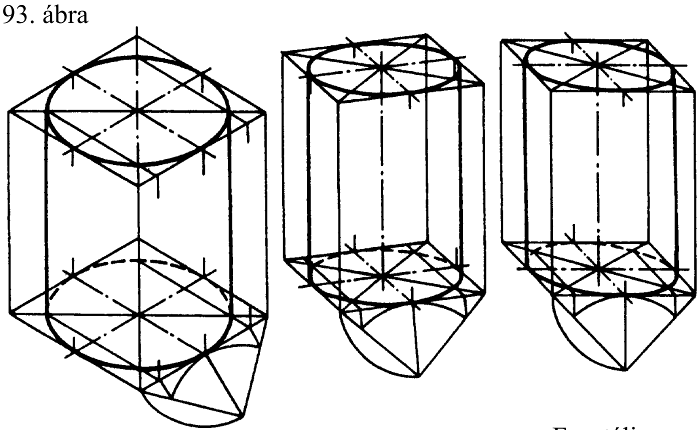
3. A csonkolt mértani test elemeiből felépítve.

Az ellipszisek pontos megrajzolásához használjunk ellipszisvonalzót.
A **96. ábrán** csonkolt testek három vetülete valamint egyméretű, kétméretű és frontális axonometrikus képe látható.



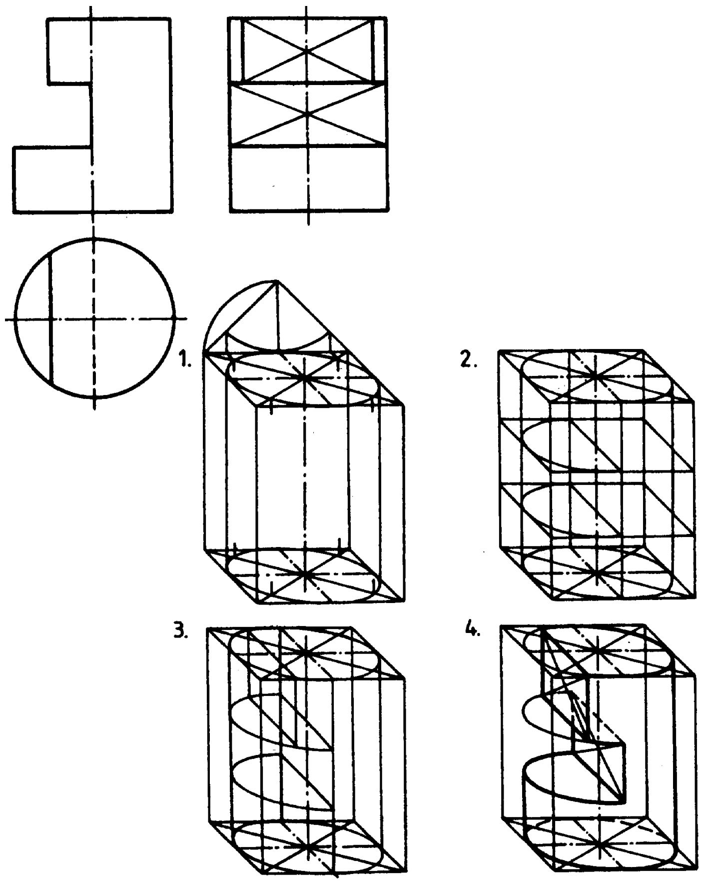
Egyméretű axonometria | Kétméretű axonometria | Frontális axonometria

93. ábra

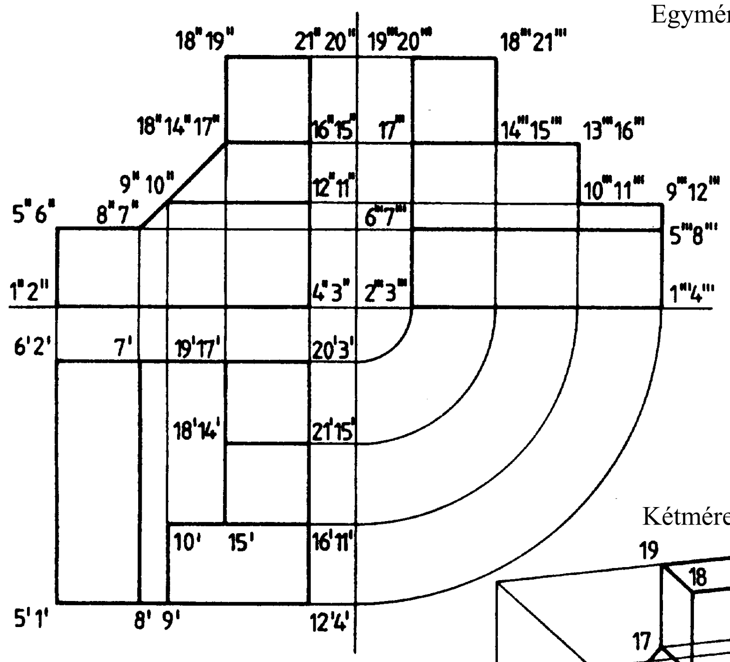


Egyméretű axonometria | Kétméretű axonometria | Frontális axonometria

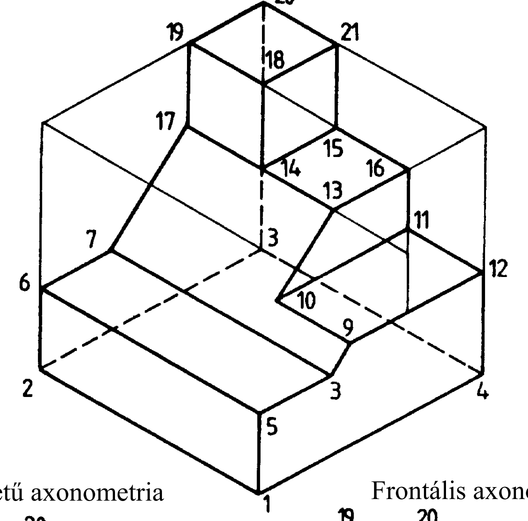
94. ábra



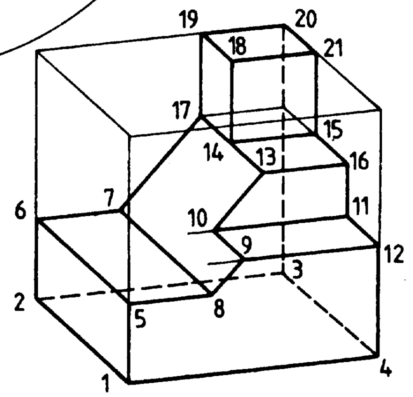
95. ábra



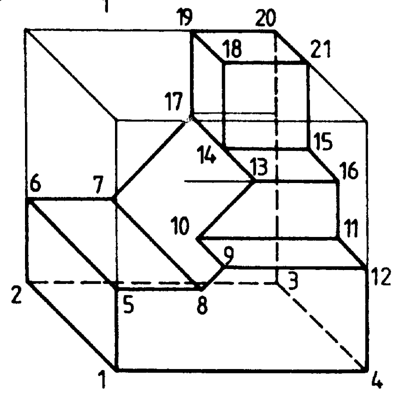
Egyméretű axonometria

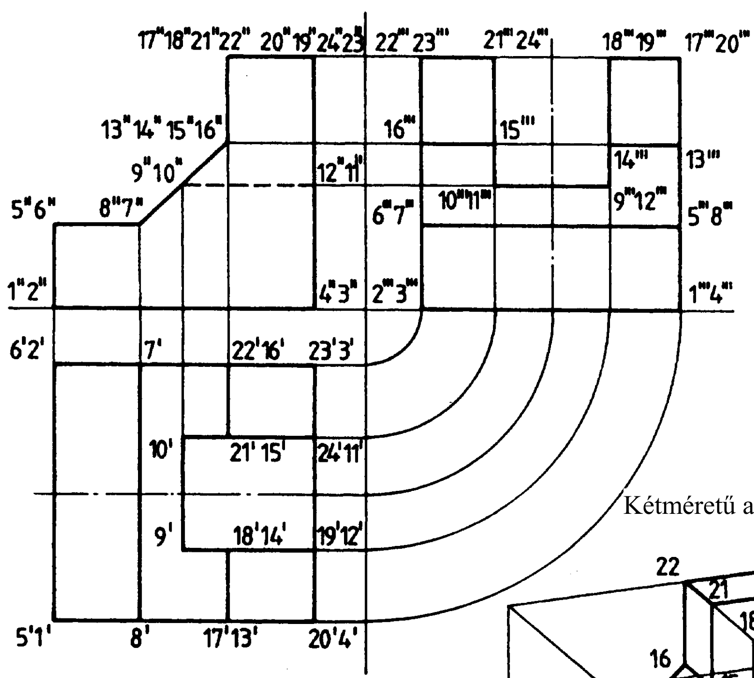


Kétméretű axonometria

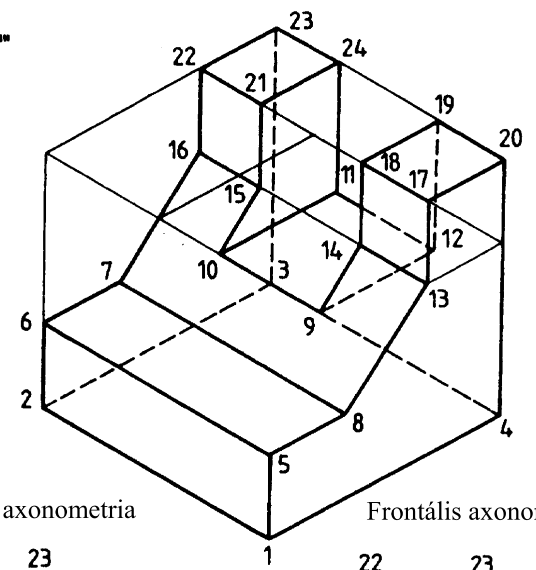


Frontális axonometria

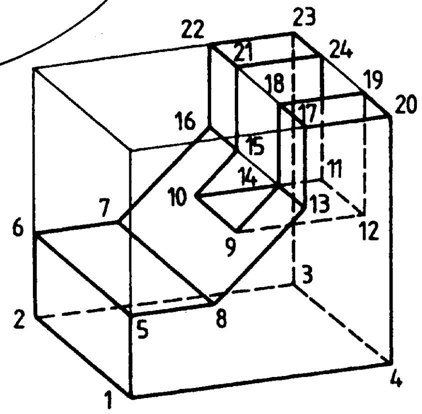




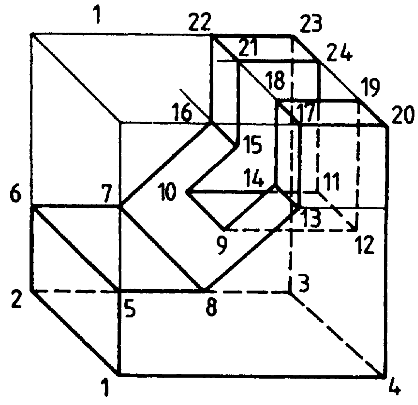
Egyméretű axonometria



Kétméretű axonometria



Frontális axonometria



96. ábra

5. Ipari formák nézeti ábrázolása

A környezetünkben lévő tárgyak kialakításakor a tervező - fogalmi gondolkodásából adódóan - olyan mértani testekből építi fel a különböző tárgyakat, amelyeket tanulmányaink során mi is megismertünk.

Tárgyaink általában nem egyszerű mértani testek, hanem ezek síkmetszéssel levágott darabjai, a daraboknak - mint építőelemeknek - az összeillesztésével kialakult új formák vagy a megismert mértani testek áthatási helyzetei.

Az elemek összerakásával kaphatunk *tömör* - belső kialakítás nélküli - származtatott testeket, de kaphatunk geometriai mértani idomok elvételével üreges - belső kialakítású - származtatott testeket is.

5.1. Összetett mértani test fogalma

Az eddigi gondolatot követve, az *összetett mértani test* kialakítása olyan, hogy szerkezetében felismerhető az a tagoltság, amelynek segítségével elemei - mint építőidomok - visszavezethetők az ismert mértani testek síkmetszéssel vagy áthatással kialakított darabjaira.

Összetett mértani testekhez (alakzatokhoz) az építőidomok ismeretében eljuthatunk:

1. összerakó vagy felépítő eljárással és
2. lebontó eljárással.

Az *összerakó* vagy *felépítő eljárásnál* az összetett alakzatot elemeiből, építőidomaiból állítjuk össze.

A **97. ábrán** szemléltető képével látható összetett mértani test befoglaló méreteit megfigyelve, csonkolt kocka. A szemléltető kép alatt látható, hogy milyen építőidomokból és ezek milyen csatlakozásával hozható létre az összetett mértani test.

Mai szóhasználattal szokás ezt *robbantott ábrának* nevezni, összhangban a kezelési, szerelési utasítások szemléltető ábráinak elnevezésével.

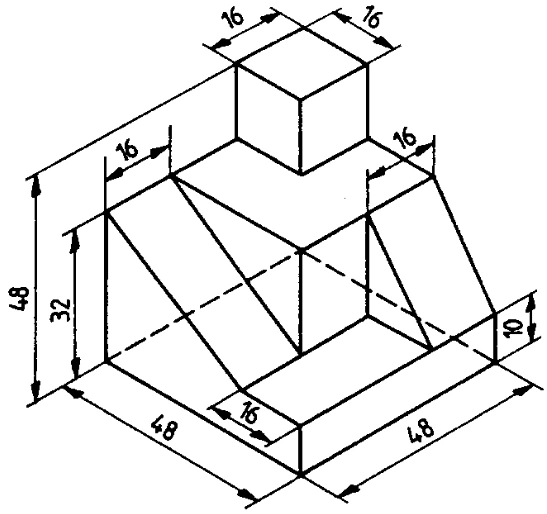
A **98. ábrán** az előző csonkolt kockát látjuk, a befoglaló forma - a kocka - *lebontó eljárással* való kialakításával. Az ábrán jól látható, hogy a kockából milyen szabályos elemek eltávolításával jutunk az összetett tömör mértani testhez.

Üreges test elemzésekor az üreget anyag nélküli mértani testnek tekintjük. Ha az üreg összetett mértani test, akkor azt az előzőekhez hasonlóan elemeire bonthatjuk.

Az összetett mértani testek és az azokat felépítő idomok tanulmányozása során végezhetünk:

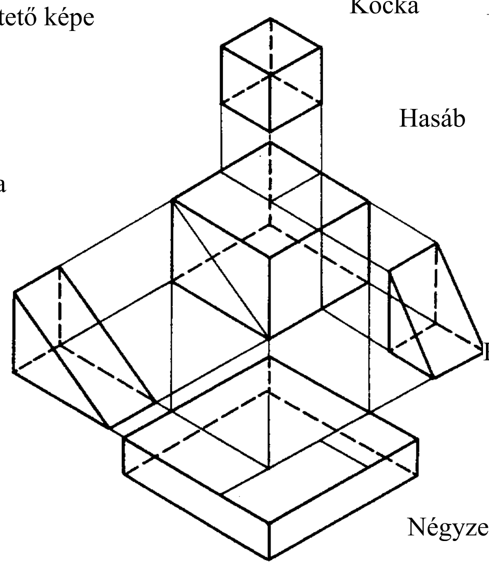
- felületelemzést és
- idomelemzést,

attól függően, hogy az elkészítési műveletek és technológia melyiket indokolja. Felületelemzés például a forgácsolt munkadarabokon indokolt, idomelemzéssel pedig a hegesztett munkadarabok felépítéséhez szükséges elemek alakját határozzuk meg.



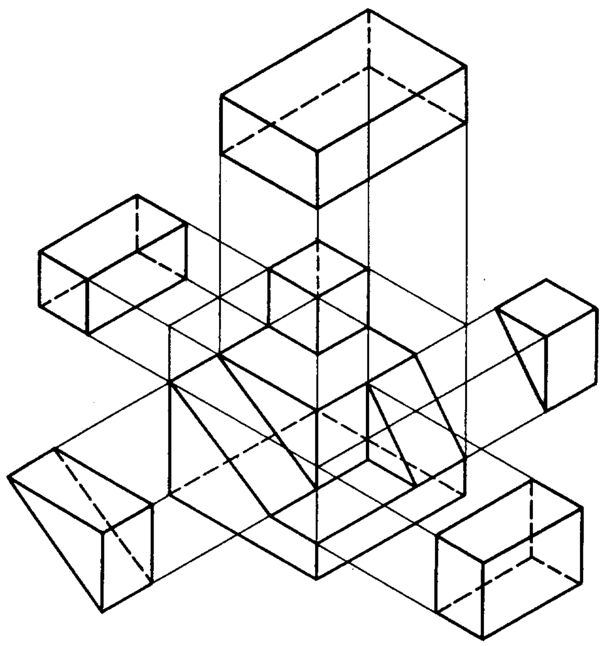
Az összetett mértani test építőidomai és csatlakozásaik szemléltető képe

a)



b)

97. ábra



98. ábra

5.1.1. Felületelemzés

Gyakorlati tevékenységünk során - amikor munkadarabot kell készítenünk vetületi rajzai alapján - nélkülözhetetlen, hogy gondolatban a bonyolultnak tűnő ipari formát szétbontsuk építőelemeire, hogy megvizsgáljuk egyes felületeit és a felületek által takart idomokat. Szükséges ezt elvégeznünk elsősorban azért, hogy a vetületi rajzok elvontságát feloldva, a magunk számára elképzelhető legyen a munkadarab, annak egyes felületeit és idomdarabjait el tudjuk különíteni egymástól, mivel eltérő megmunkálási technológiát alkalmazunk a felületek elkészítése során.

Az elkészítendő munkadarabokat rendszerint egyszerű vagy összetett sík és görbe felületek határolják. A sík vagy görbe felületekkel határolt formák rendszerint lebonthatók egyszerű geometriai felületekre, ill. felületekkel lehatárolt testekre, ún. építőidomokra.

Az *építőidomok* felületeinek határolása lehet:

- vetítési síkba eső határolóvonal (kontúr) és jól felismerhető, éles metsződés, látható él (a vetületi rajzon A típusú, vastag folytonos vonallal rajzoljuk meg),
- gömbölyített vagy tompított, nem éles metsződés (a vetületi rajzon B típusú, vékony folytonos ún. tagoló vonallal rajzoljuk meg, és nem éri el a kontúrt),
- sima átmenetű csatlakozás, pl. közös tengelyű gyűrűfelület és henger vagy kúpfelület törésmentes csatlakozása, vagy az egymásra merőleges felületek közötti hengerszalagnak az érintősíkhoz való csatlakozása. (Ezt a csatlakozást a géprajz nem jelöli.) A **99. ábra** tengely vetületi rajzát mutatja, majd az ábra kiegészítéseként tartalmazza azt a *felületelemzést*, amit forgácsolt alkatrészek készítése során minden szakembernek el kell végeznie.

A felületelemek típusát (sík, henger, kúp, gyűrű) rajzainkon jelölhetjük:

- színessel,
- betűjelzéssel,
- eltérő felületi vonalkázással.

5.1.2. Idomelemzés

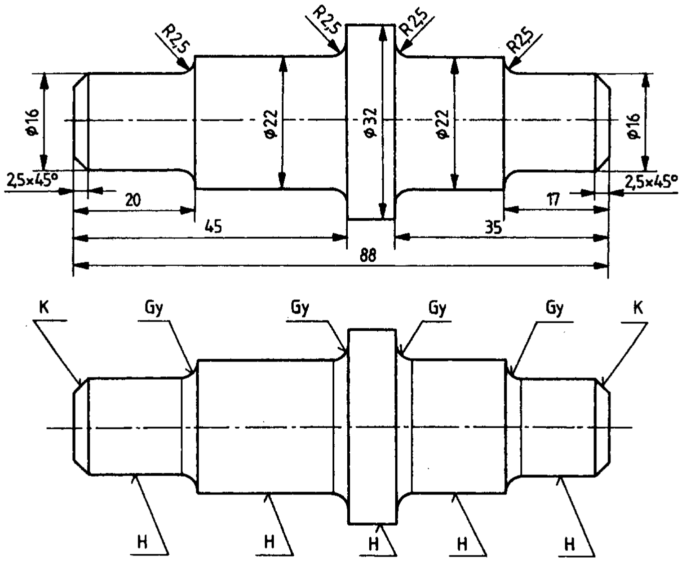
Az idomelemzés a tárgy alakját meghatározó építőelemek felismerését és különválasztását jelenti.

A **100. ábrán** két alkatrészből (*1* furatos lemez; *2* szár) összeállított egyszerű szerkezetet láthatunk

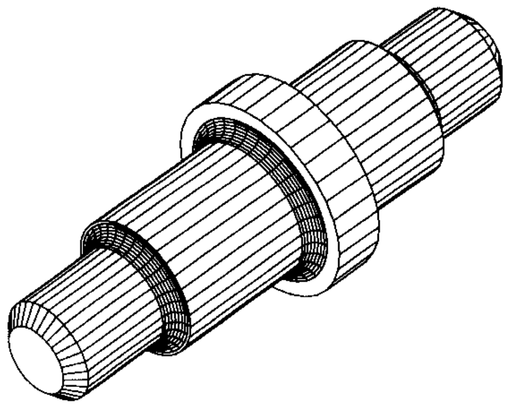
a) hegesztési kötés elkészítéséhez beállított helyzetben,
b) a szerkezetet felépítő idomok legyártás utáni különválasztásával.

Vizsgáljuk meg *a rajzi feldolgozás lépéseit*:

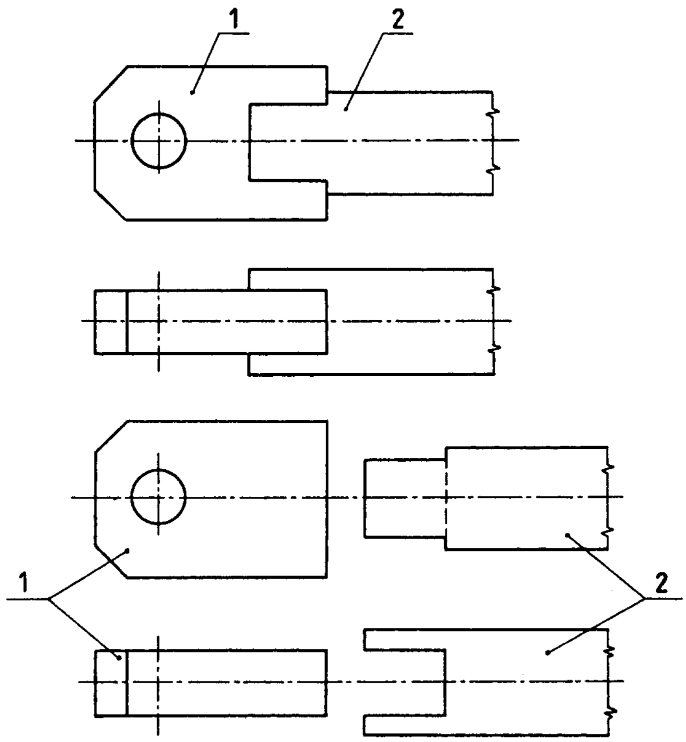
1. Adott a gépalkatrész méreteivel.
2. Szétbontjuk képzeletben, megvizsgáljuk felületeit és építőidomait.
3. Felépítjük az elemekből a kész formát.
4. Megszerkesztjük vetületeit.
5. Elkészítjük a méretmegadást (**100. ábra**).



H hengerfelület K kúpfelület Gy gyűrűfelület



99. ábra



100. ábra

5.2. Különböző nézeti képek egymáshoz rendelése

A testek geometriai ábrázolásában a vetületek egymáshoz rendelését a képsík nyomvonalak felrajzolása és a pontok képeinek azonos jelölése egyértelművé teszi.

Meglévő - kézbe vehető - testek ábrázolásakor azonban a vetületek egymáshoz rendelésének szabályai helyettesíthetők a test látható képei alapján szerzett tapasztalatokkal. Így a harmadik kép szerkesztése helyett mondható, hogy a test oldalirányból nézve látott képét rajzoljuk meg. Ezt a harmadik képet megrajzolhatjuk úgy is, hogy a testet az elölnézeti képen látható helyzetéből függőleges éle körül 90°-kal elgördítjük, és ebben a helyzetben látható képét rajzoljuk meg *balnézetként*. A balnézet ilyen képzéséhez hasonlóan bal irányba gördítéssel a *jobbnézetet* rajzolhatjuk meg, vagy vízszintes él mentén felfelé gördítve az *alulnézetet*. Ha pedig a testet valamelyik oldalnézeti helyzetéből függőleges tengely körül tovább gördítjük, akkor a hátulnézethez jutunk (**101-102. ábra**).

Az így képzett vetületek közös jellemzője, hogy a test függőleges élei, tengelyei - ahol egyáltalán megmutathatók - függőlegesnek látszanak. Ezért ezt a nálunk, ill. Európában használt vetület elhelyezést *függőlegestartó európai nézetrendnek* nevezzük.

5.2.1. Nézetrend

Az elölnézeten, a felülnézeten és a balnézeten kívül a testek egyértelmű ábrázolásának megvalósítására képezhetünk jobbnézetet, alulnézetet és hátulnézetet.

Az ábrázolási gyakorlatban nézetek megnevezése:

elölnézet (főnézet),
felülnézet,
balnézet,
jobbnézet,
alulnézet,
hátulnézet.

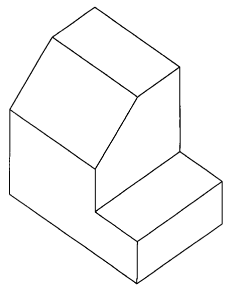
A vetületek egymáshoz viszonyított elhelyezését a nézetrend határozza meg.

A nézetek elhelyezésére kétféle merőleges vetítési mód van:

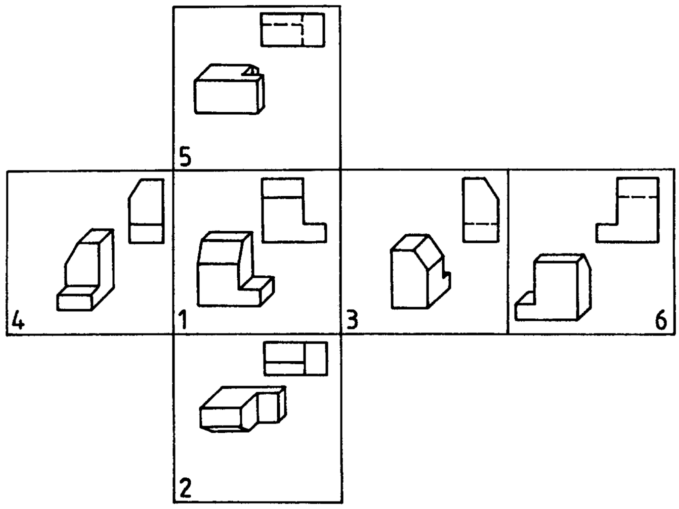
- európai vetítési mód (*E*), **101. ábra**
- amerikai vetítési mód (*A*). **102. ábra**

Mindkét vetítési mód azonos értékű, de arra ügyelni kell, hogy egy tárgy vagy munkadarab összes azonos, ill. különböző méretarányú vetületét azonos vetítési mód szerint képezzük.

Szemléltető kép

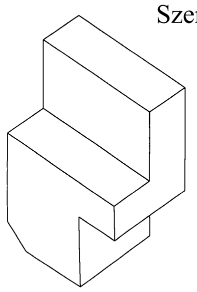


Európai nézetrend

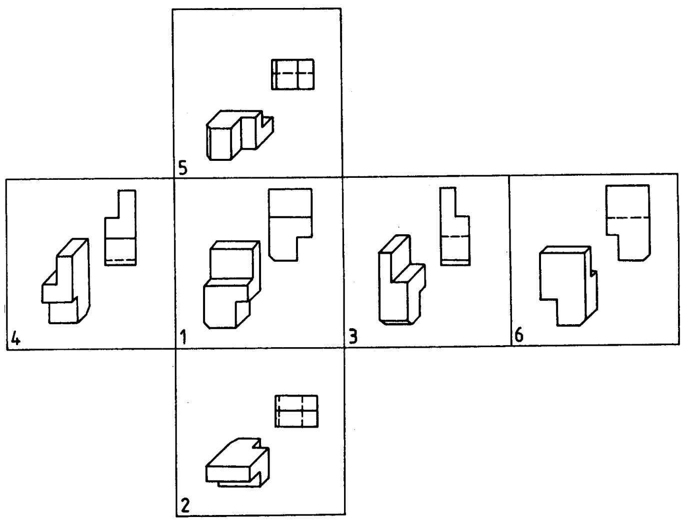


101. ábra

Szemléltető kép



Amerikai nézetrend



102. ábra

5.2.2. Az európai vetítési mód nézetrendje

Három vetület – az elölnézet, a felülnézet, a bal oldali nézetet – elhelyezését és a vetületek képzési irányát mutatja a **103. ábra**. Az elölnézethez (*a*) mint főábrához viszonyítva a többi nézetet a következők szerint kell elhelyezni (**104. ábra**):

- a felülnézetet (*b*) az elölnézet alatt,
- a bal oldali nézetet (*c*) az elölnézettől jobbra,
- a jobb oldali nézetet (*d*) az elölnézettől balra,
- az alulnézetet (*e*) az elölnézet felett,
- a hátulnézetet (*f*) az oldalnézettől balra vagy jobbra, tetszés szerint.

5.2.3. Az amerikai vetítési mód nézetrendje

Az elölnézethez (*a*) viszonyítva a többi nézetet a következők szerint kell elhelyezni (**105. ábra**):

- a felülnézetet (*b*) az elölnézet felett,
- a bal oldali nézetet (*c*) az elölnézettől balra,
- a jobb oldali nézetet (*d*) az elölnézettől jobbra,
- az alulnézetet (e) az elölnézet alatt,
- a hátulnézetet (f) az oldalnézettől balra vagy jobbra, tetszés szerint.

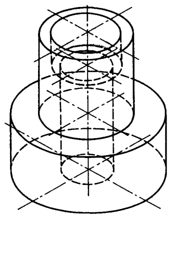
5.3. Üreges alkatrészek metszeti ábrázolása

Az eddigiek alapján egy összetett mértani test külső felületén lévő részlet alkalmasan választott vetületen nézetben megmutatható, így a szaggatott vonalú ábrázolás elkerülhető.

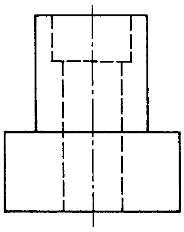
A test belsejében lévő részletek azonban továbbra is eltakart részletek maradnak, és így *általában csak szaggatott vonallal* ábrázolhatók. A szaggatott vonalak használatának elkerülésére speciális ábrázolási módot, az ún. *metszeti ábrázolást* kellett bevezetni.

A belső részletek szaggatott vonalú megrajzolása helyett a gyakorlat egyszerűbb rajzolási módra törekszik oly módon, hogy az ábrázolt testet a belső részleten keresztülhaladó síkkal képzeletben elmetszi. A metszősík és a szemünk közé eső részt eltávolítva képzeli, és a metszősík mögött maradó rész nézetét rajzoljuk meg úgy, hogy a metszősíkkal képzeletben átmetszett felületet a vetületen vonalkázással megkülönböztetjük a ténylegesen látható felületektől. Az ilyen belső részletek megmutatására alkalmas ábrázolást metszetnek nevezzük.

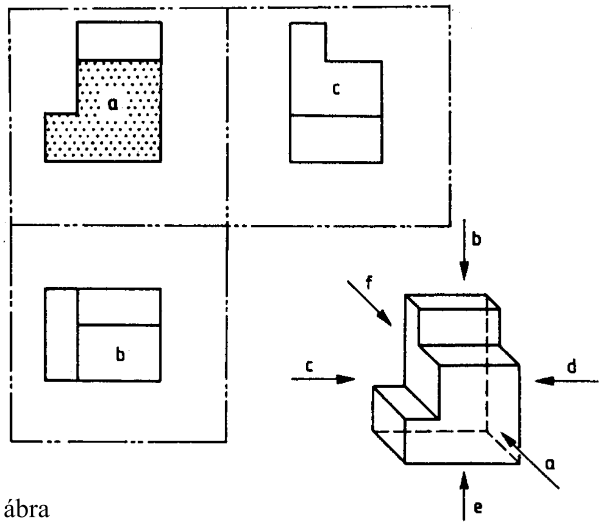
A **106. ábra** üreges forgástest metszeti rajzának származtatását szemlélteti.
Az ábrák tartalmazzák
- az üreges forgástest nézeti rajzát,
- az üreges forgástest szemléltető rajzát,
- az üreges forgástest metszetképzésének szemléltető rajzát,
- az üreges forgástest méretezett metszeti vetületét.



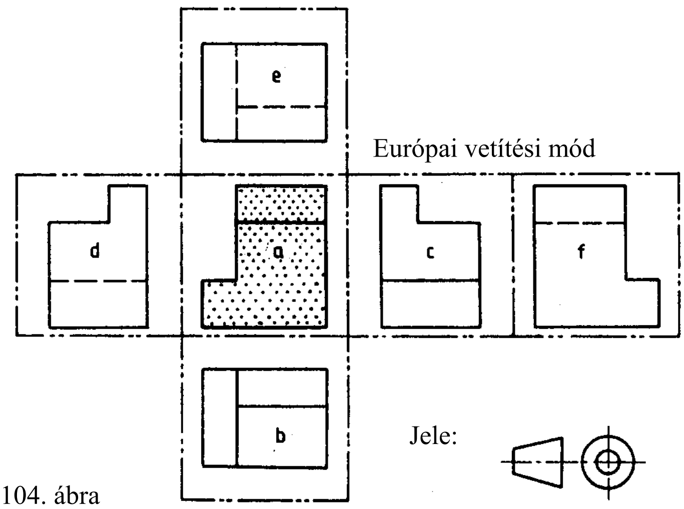
Szemléltető kép



Vetületi kép szaggatott vonalakkal



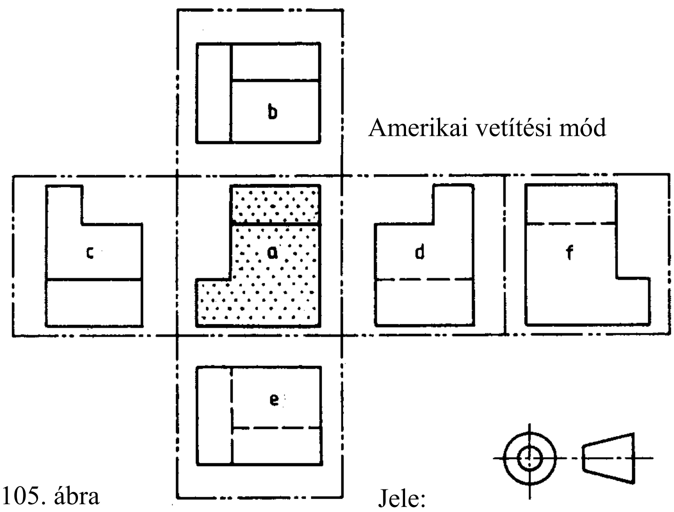
103. ábra



Európai vetítési mód

Jele:

104. ábra

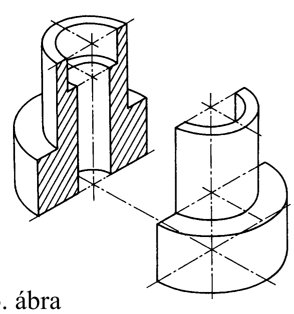


Amerikai vetítési mód

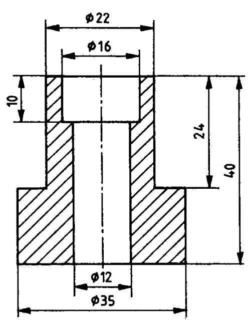
105. ábra

Jele:

A metszet képzése



Méretezett metszeti vetület



106. ábra

6. Metszeti ábrázolás

A vetületi ábrázolás alkalmazása a tárgyak, alkatrészek vetítés irányába eső külső tagoltságát mutatta meg. A belső tagoltság szaggatott vékony vonallal való megadása nem elegendő az egyértelmű ábrázoláshoz és méretmegadáshoz.

Szükség van olyan ábrázolási módra is, amely nemcsak a tárgy külső alakját, hanem belső részleteit is megmutatja. Az ilyen ábrázolást nevezzük *metszeti ábrázolás*nak.

6.1. A metszet keletkezése és ábrázolása

A metszeti ábrázolás lényege (**107. ábra**):
- az üreges tárgyat a belső tagoltság szimmetriasíkja mentén képzeletben valamelyik képsíkkal párhuzamosan elmetsszük;
- a metszősík és a szemünk közé eső tárgyrészletet képzeletben eltávolítjuk;
- a tárgy metszősík és képsík közé eső részét ábrázoljuk;
- a metszősíkkal elmetszett anyagrészeket szelvénynek nevezzük, és a **108. ábra** szerinti vonalkázással jelöljük.

A metszetrajzon tehát az elmetszett munkadarab szelvényét és a metszősík mögötti részek nézetét ábrázoljuk (108. ábra).

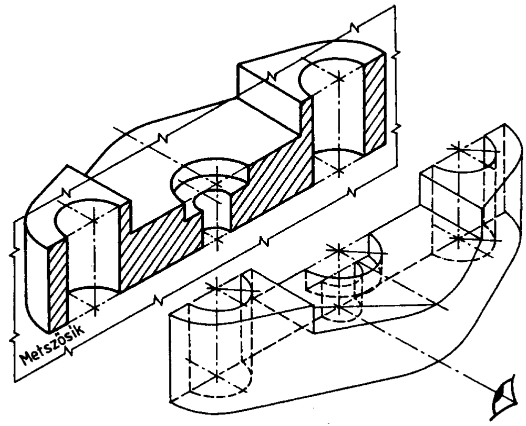
A vonalkázás iránya (**109. ábra**) lehetőleg 45°-os szöget zárjon be
- a vízszintes iránnyal,
- a metszetben ábrázolt idom tengelyével,
- íves elemeknél a húr irányával.

Egy alkatrész metszetben rajzolt részein a vonalkázás egyirányú és azonos sűrűségű. Összeállítási rajzon az egymással érintkező elemek vonalkázása eltérő irányú és a vékony szelvények vonalkázás helyett *feketíthető*k.

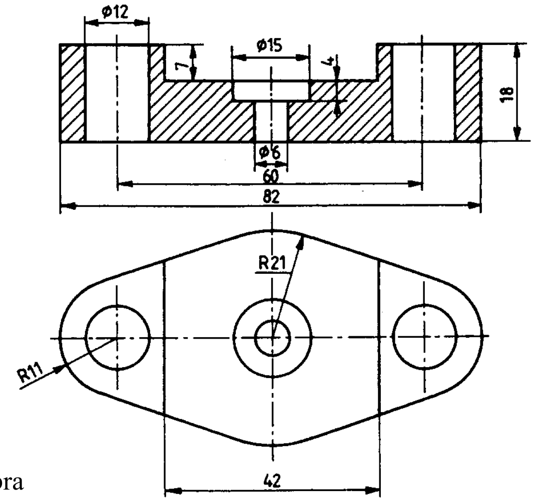
6.2. A metszetek fajtái

Egy metszősíkkal képzett metszetek
Teljes metszetek
a) vetítési helyükre rajzolva,
b) betűazonosítással.
Részmetszetek
a) félmetszet (a nézet és a metszet a szimmetria tengelynél illesztve),
b) kitörés (lokális metszeti ábrázolás, a nézeten belül törésvonallal határolva),
c) elfordított metszet (jelöljük a metszősíkot és az elfordítás jelét).
Szelvény (a munkadarabnak a metszősíkkal érintkező felülete), elhelyezhető:
- vetületen belül,
- vetületen kívül,
- általánosan (betűazonosítással tetszőlegesen elhelyezve).

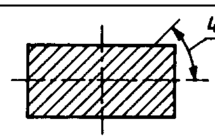
Több metszősíkkal képzett metszetek
a) Lépcsős metszet (több párhuzamos metszősíkkal képezve).
b) Befordított metszet (szögben hajló metszősíkokkal képezve) (befordított lépcsős metszet).
c) Kiterített metszet (több egymáshoz szögben hajló sík vagy síktól eltérő metszőfelület, pl. hengerpalást).

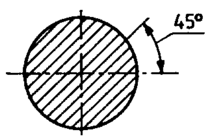


107. ábra
A metszősík és a szemünk közé eső tárgyrészt eltávolítva képzeljük

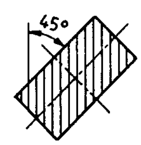


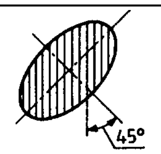
108. ábra



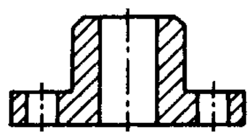


Az általánosan használt 45°-os vonalkázás

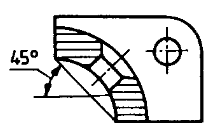




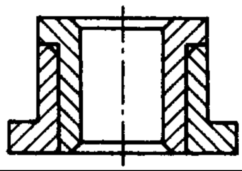
A metszeti idom fő irányára 45°-os vonalkázás



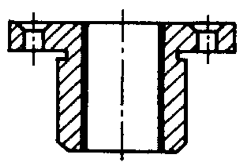
Egy metszeti területen belül egyirányú és azonos sűrűségű a vonalkázás



Íves elemek húrra 45°-os vonalkázása



Összeállítási rajzon az egyes elemeket eltérő irányban vonalkázzuk



A vékony részleteket vonalkázás helyett feketítjük

109. ábra

6.2.1. Az egyszerű metszetek fajtái

Az egyszerű metszetek képzéséhez a munkadarabot egy metszősíkkal vágjuk el. Ha a munkadarab szimmetrikus, a metszősík a szimmetriatengelyén halad keresztül. Ha a metszősíkkal átmetszhető felület egészét megrajzoljuk, *teljes metszet*ről beszélünk.

A metszetben rajzolt vetület kerülhet az

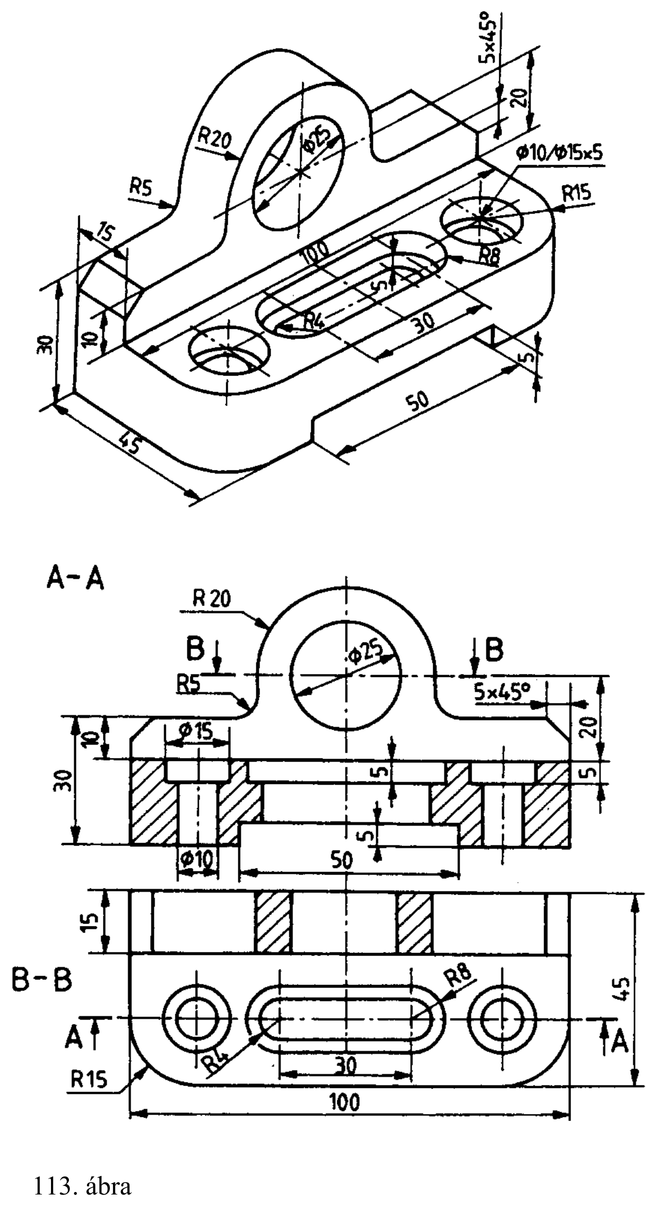
- elölnézet helyére (**110. ábra**),
- az oldatnézet helyére (**111. ábra**) és a
- felülnézet helyére (**112. ábra**).

Ezekben az esetekben a metszősíkot nem jelöljük és nem azonosítjuk.

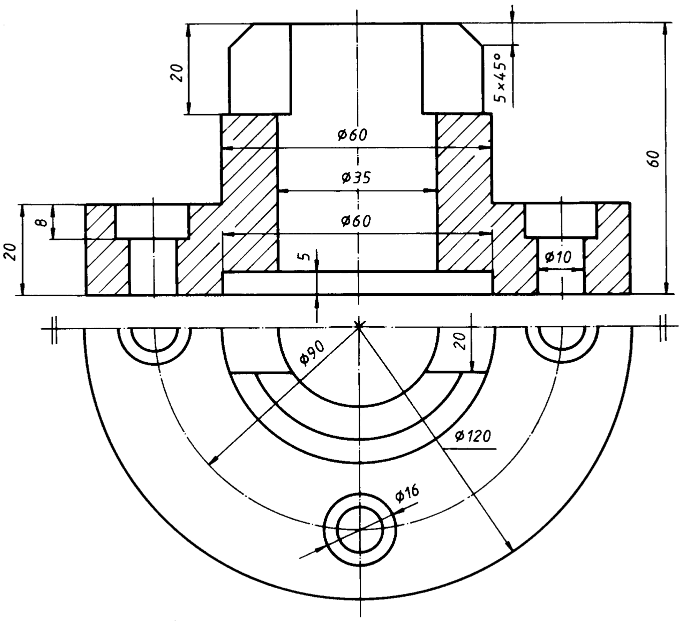
Ha a munkadarab a metszősík nyomvonalára nem szimmetrikus akkor a metszősíkot vastag végű, vékony pontvonallal és azonosító betűjelzéssel látjuk el (**113. ábra**).

Az ábrán, szemléltető képével is megadott munkadarab elölnézete és felülnézete is a jelölt metszősíkok által képzett metszeti vetület.

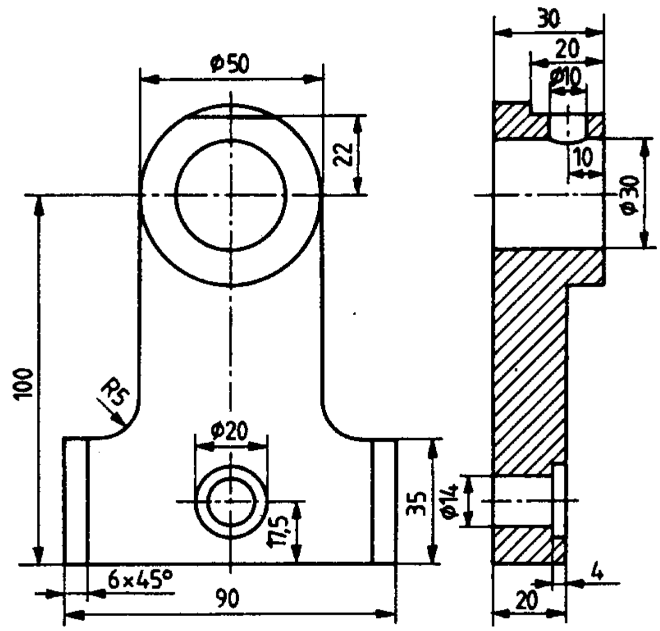
Szemléltető kép



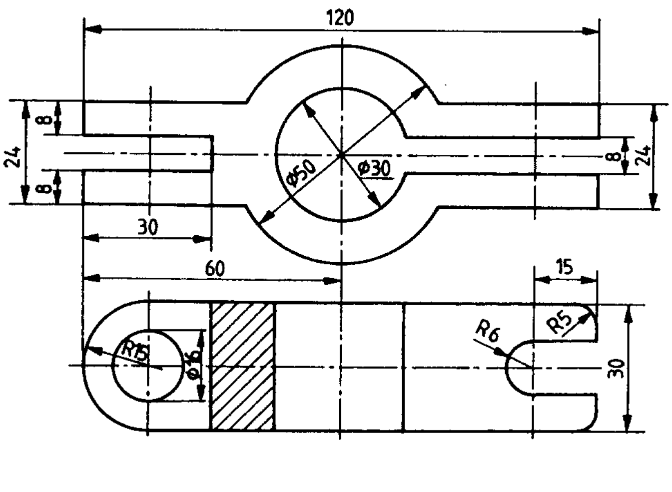
113. ábra



110. ábra



111. ábra



112. ábra

6.2.2. A lépcsős metszet

Sok esetben az egy munkadarabon lévő furatok, üregek nem esnek egy síkba. Ilyenkor csak több teljes metszettel vagy több részmetszettel lehetne ábrázolni.

A **114.a ábrán** olyan alkatrész szemléltető képe látható, amelyen három különböző síkban helyezkednek el a belső kimunkálások. A három metszősíknál képzett teljes metszet a **114.b ábra** tanúsága szerint részben bonyolulttá teszi az ábrázolást, ugyanakkor a sok metszeti vonalkázás felesleges rajzi munkát jelent.

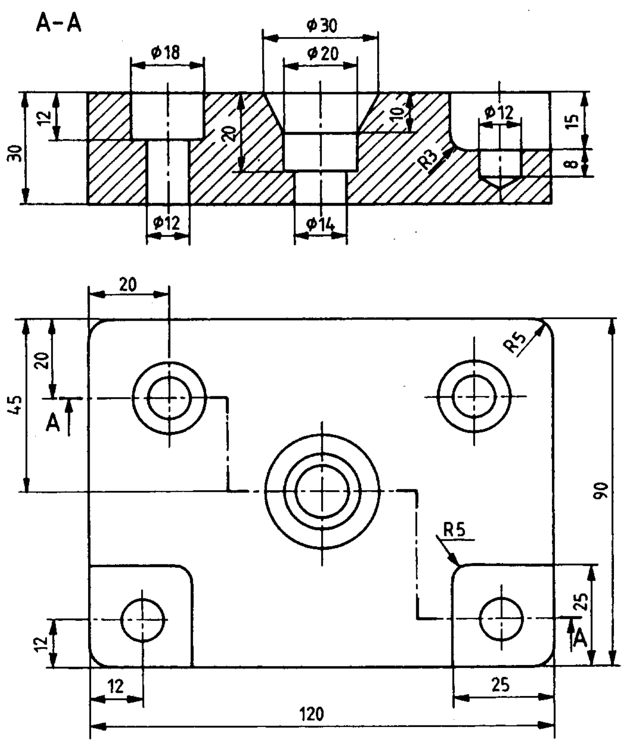
A három teljes metszet mindegyikéből kiemelhető az a metszeti környezet - nevezzük *részmetszet*nek -, amelyre az adott metszősíknál az ábrázolás során szükségünk van (**114.c ábra**).

A felesleges, csak metszeti vonalkázást, ill. a szimmetria alapján ismétlődő részletet tartalmazó metszeti részt a rajzi munka megkönnyítésére elhagyjuk. A kimunkálások alakját megmutató részmetszeteket egy vetületen belül egyesítve rajzoljuk meg.

A lépcsős metszet párhuzamos metszősíkokkal képzett részmetszetekből összetett metszet.

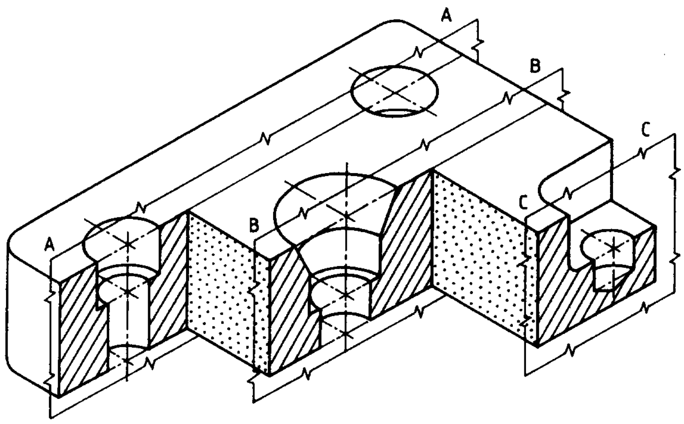
A **115. ábrán** látható a munkadarab műszaki rajza.
A felülnézeten vastagított végű vékony pontvonallal rajzoljuk meg a metszősík lépcsős nyomvonalát, az elölnézet ennek megfelelő metszeti vetület.

Ha két vagy több részmetszetet egymás mellé, vagyis egy vetületben egyesítve rajzolunk meg, akkor az így létrehozott egyesített metszetet *összetett metszetnek* nevezzük.



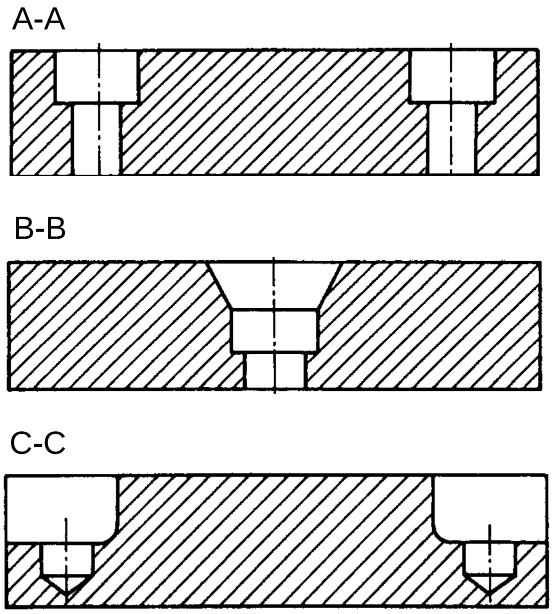
A lépcsősmetszet alkalmazása alkatrészrajzon

115. ábra



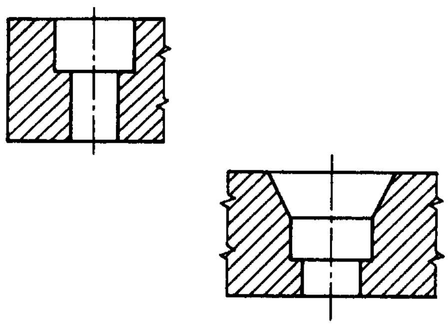
A teljes metszetekből kiemelt részmetszetek

a)

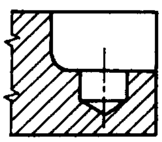


A jelölt metszősíkok teljes metszetei

b)



A lépcsős metszet több párhuzamos metsző-síkkal képzett részmetszetből tevődik össze



c)

114. ábra

6.2.3. A befordított metszet

A befordított metszet két egymással szöget bezáró metszősíkkal képzett részmetszetből összetett metszet.

A **116. ábrán** szemléltető képével és a **117. ábrán** vetületeivel ábrázolt munkadarab részmetszeteinek metszősíkjai szögben metszik egymást.

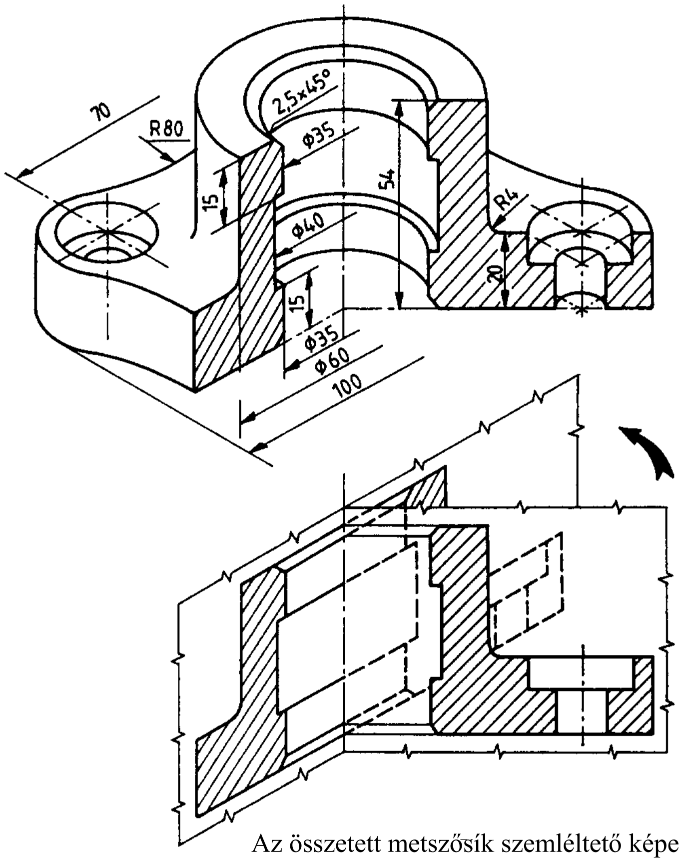
Az egymással szöget bezáró metszősíkok egyikét - rajta a metszeti képpel - a közös síkba kell fordítanunk. A közös sík mindig párhuzamos valamelyik képsíkkal. Egy munkadarab metszeti vetületének megrajzolásánál, a ferde metszősík mögött látható nézetelemeket a metszősíkra merőlegesen rávetítjük, ezután forgatjuk a közös síkba, és rajzoljuk meg a metszeti vetületét.

A részmetszetek metszősíkjának nyomvonalait vastagított végű, vékony pontvonallal rajzoljuk meg. A metszetképzés irányát nyilazott vonallal jelöljük. A metszősíkot és a metszeti vetületet betűjelzéssel azonosítjuk.

Befordított metszet rajzolásánál a metszeti vetület szélesebb is lehet a munkadarab azonos irányból képzett nézeti vetületénél.

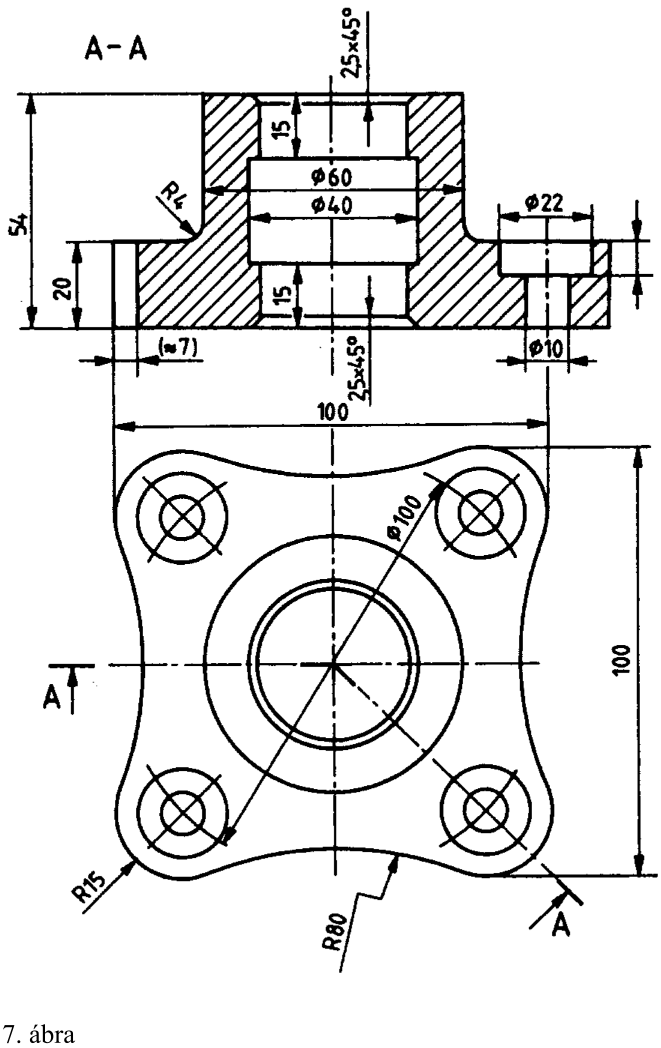
A befordított lépcsős metszet párhuzamos és egymással szöget bezáró metszősíkokkal képzett részmetszetekből összetett metszet (**118. ábra**).

A befordított lépcsős metszet képzésénél és rajzánál alkalmazzuk a lépcsős- és a befordított- metszetképzés és rajzolás szabályait.

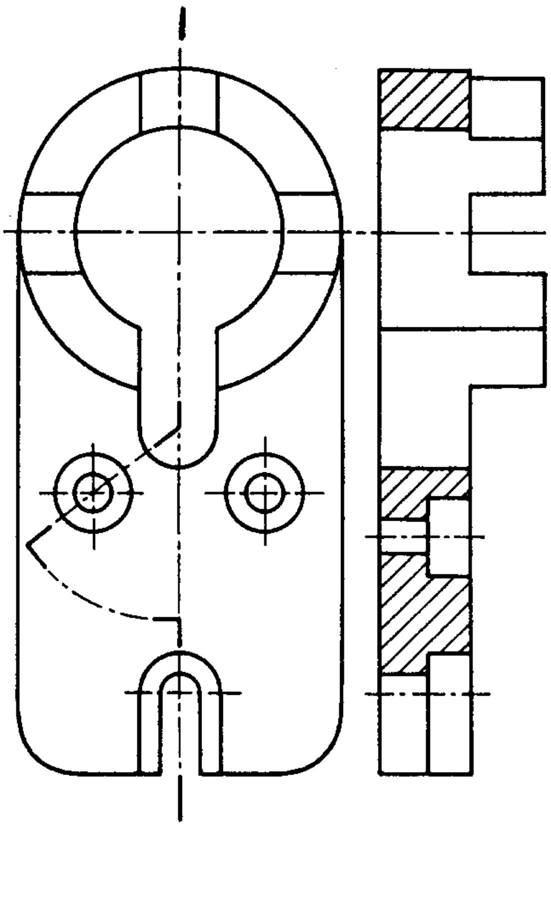


Az összetett metszősík szemléltető képe a közös síkba forgatás értelmezésére

116. ábra



117. ábra



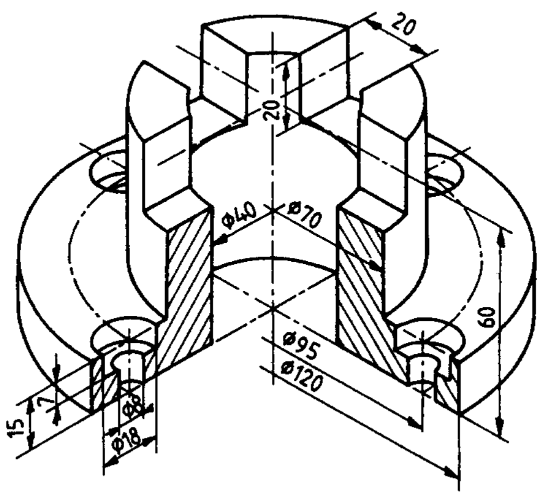
118. ábra

6.2.4. A félmetszet

Szimmetrikus alkatrészek nézeti és metszeti vetületeinek fele egyesíthető egy vetületben. Ábrázoláskor a *két félvetületet elválasztó vonal a vetület vékony pontvonallal megrajzolt szimmetriatengelye*.

Ha az egyértelmű rajzi ábrázolást nem zavarja, szimmetrikus alkatrészekről rajzolhatunk félvetületet is a **119. ábra** szerint.

Szemléltető kép



Félmetszet rajzolható függőleges és vízszintes tengelyű munkadarabokról, a metszeti és nézeti oldal elhelyezkedése tetszőleges (**120. ábra**).

Nem kerülhet a szimmetriatengely helyére nézetben vagy metszetben látható nézetvonal (**121. ábra**).

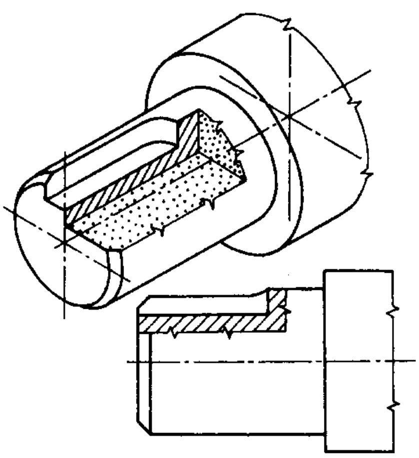
A szimmetriatengelybe eső nézetvonal esetén törésvonal választja el egymástól a nézethez, ill. metszethez tartozó részeket (**122. ábra**).

Összeállítási rajz is készíthető félnézet-félmetszetben (**123. ábra**).

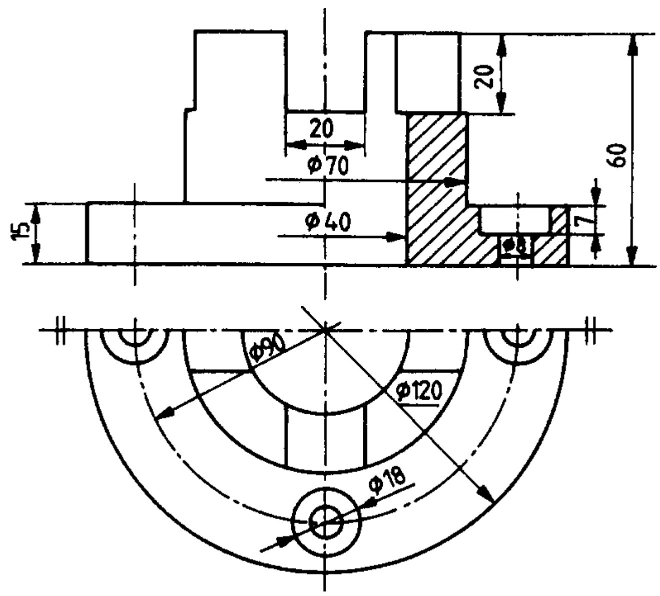
Félmetszetben is alkalmazható a síkfelület jelzése (**124. ábra**).

6.2.5. A kitörés

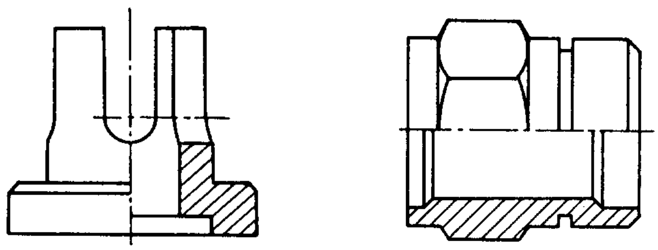
A nézetben ábrázolt tárgy meghatározott részét metszetben lehet ábrázolni akkor, ha teljes vagy félmetszet megrajzolása nem szükséges. A kitörésben megadott részmetszetet folytonos vékony, szabadkézi törésvonallal vagy folytonos vékony, egyenes törésvonallal kell határolni (**125. ábra**).



125. ábra



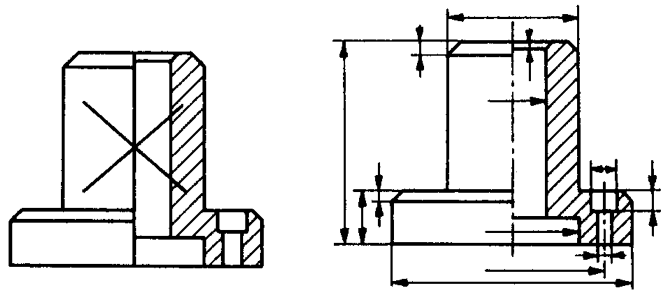
119. ábra



a) b)

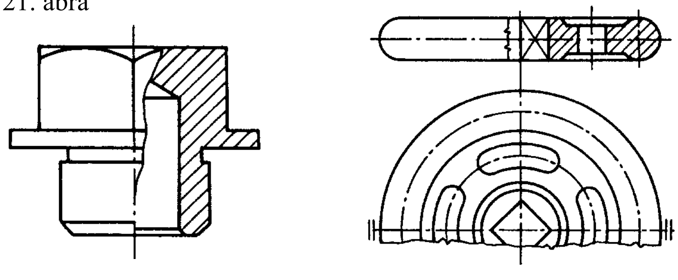
120. ábra

Hibás rajz A helyes megoldás



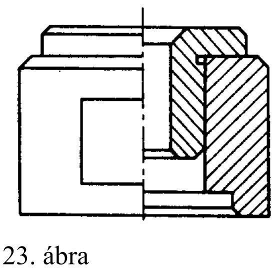
a) b)

121. ábra

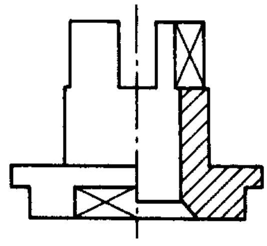


a) b)

122. ábra



123. ábra



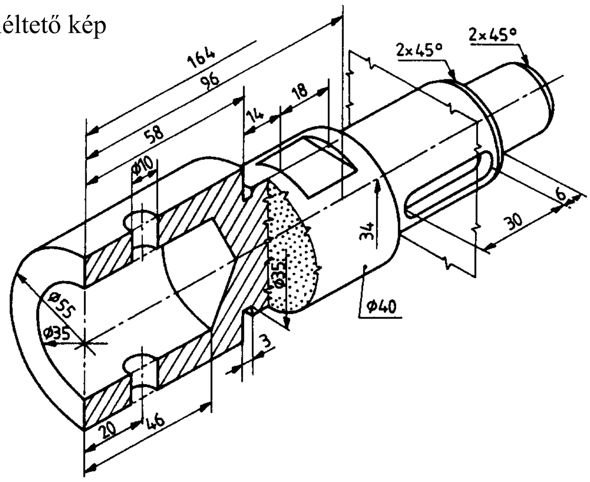
124. ábra

6.2.6. A szelvény

Metszeti ábrázolás esetén gyakran nincs szükség a metszősík mögötti részek bemutatására, elegendő, ha a tárgy metszősíkkal érintkező felületét - szelvényét - ábrázoljuk.

A szelvény a képzeletben elmetszett tárgy metszésfelülete, a metszősík mögötti nézetrészek ábrázolása nélkül. Rajzi ábrázolásnál a szelvényt befordítjuk a képsíkba, felületét 45°-os vékony folytonos vonallal vonalkázzuk, és megadjuk méreteit (**126. ábra**).

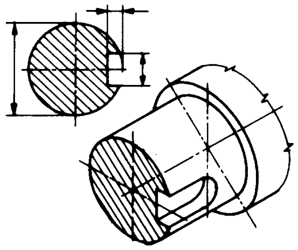
Szemléltető kép



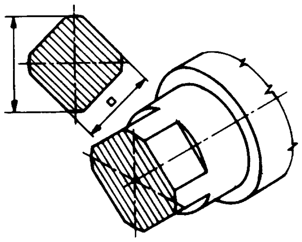
A szelvény elhelyezhető:

a vetületi rajzon belül

a) a kontúrvonal megszakítása nélkül vékony folytonos határoló vonallal (**127. ábra**),

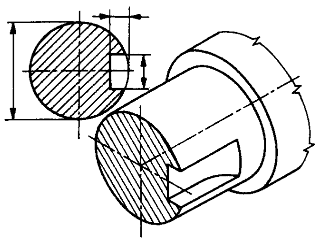


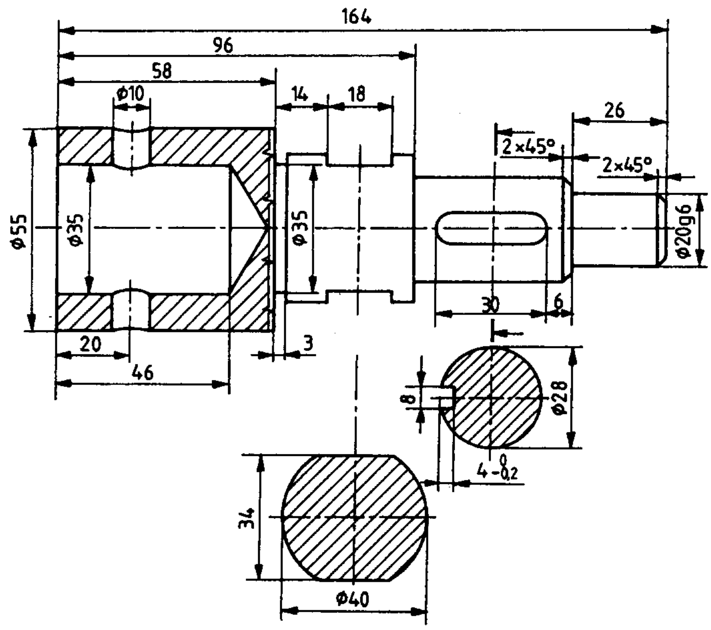
b) a kontúrvonal megszakításával vastag vonalú határolással (**128. ábra**),



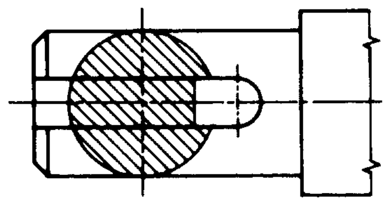
a vetületi rajzon kívül

a) a metszősík nyomvonalának meghosszabbításán (**129**. és **130. ábra**),

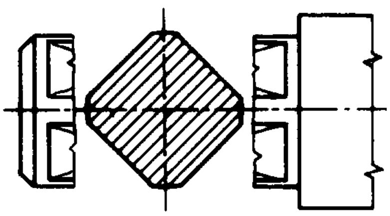




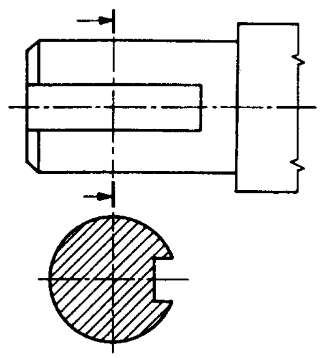
126. ábra



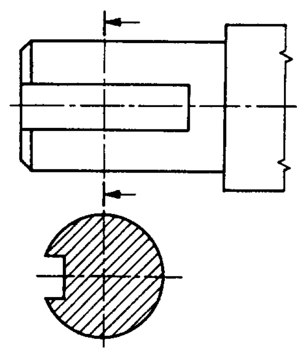
127. ábra



128. ábra

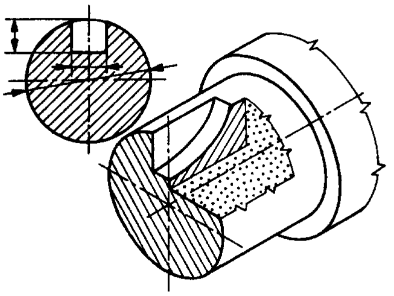


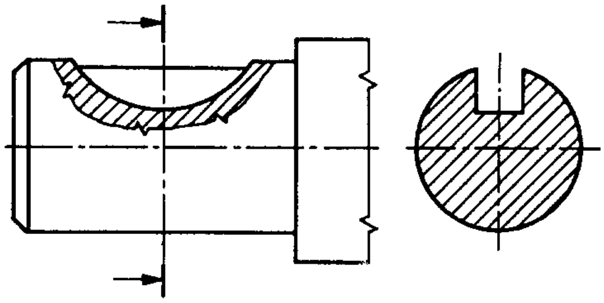
129. ábra



130. ábra

b) a munkadarab tengelyvonalának meghosszabbításán (**131. ábra**),

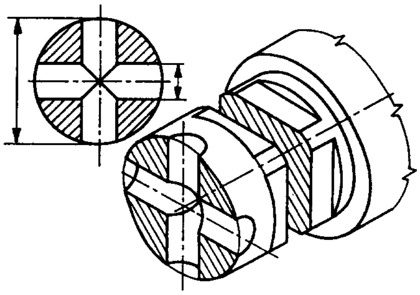


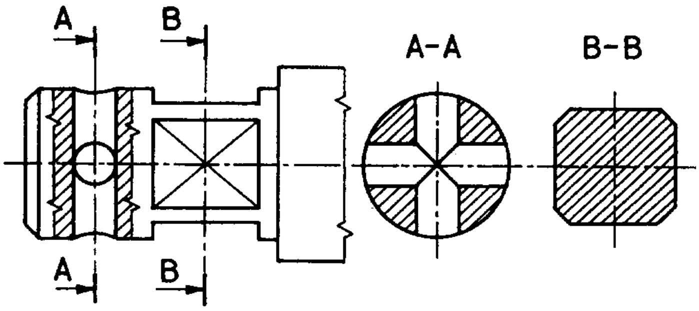


131. ábra

c) általános elhelyezésben, a rajz tetszőleges szabad helyén.
Néhány szabály és mintarajz a szelvények képzésének rajzi kivitelére.

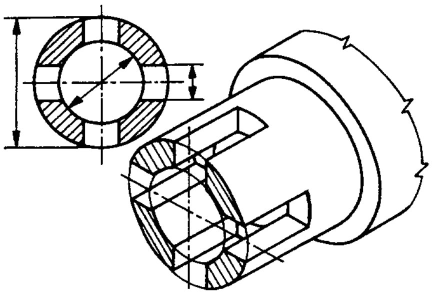
Képezhetünk szelvényeket párhuzamos metszősíkokkal (**132. ábra**).

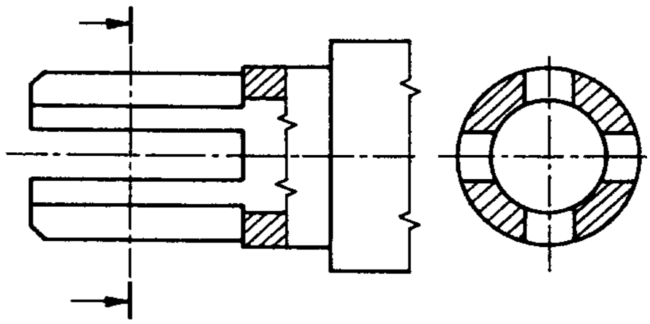




132. ábra

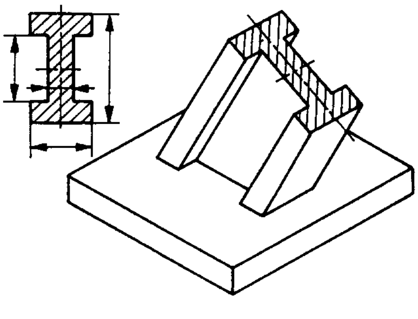
Szelvényként lehetőleg összefüggő síkidomot rajzoljunk. Ha furat vagy horony miatt a szelvény részekre szakadna, úgy e részek összetartozását a metszősík mögött látható nézetvonalak megrajzolásával fejezzük ki (**133. ábra**).

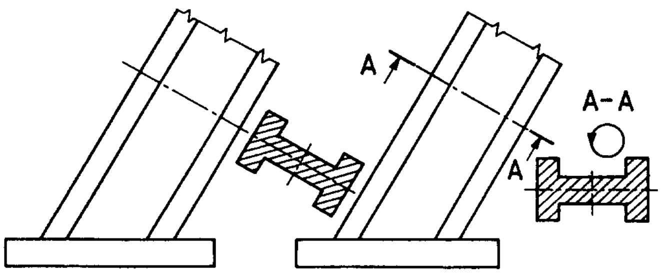




133. ábra

Képezhetünk szelvényt ferde kialakítású munkadarab tengelyvonalára vagy kontúrvonalára merőlegesen, és az így kapott szelvényt a rajzolás megkönnyítésére elfordíthatjuk (**134. ábra**).





134. ábra

Az azonos alakú szelvényeket ugyanazzal a betűvel jelöljük, és az azonos alakú szelvényt csak egyszer rajzoljuk meg.

A nem párhuzamos felületekkel határolt munkadarab szelvényeként csak a torzulásmentes szelvényrészeket rajzoljuk meg.

6.3. A metszeti ábrázolás sajátos szabályai

6.3.1. Az anyagtól független metszetjelölések

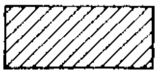
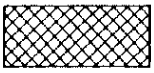
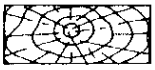
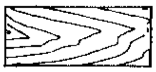
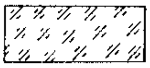
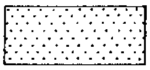
Összeállítási rajzokon a csatlakozó alkatrészeket eltérő iránnyal és változó sűrűséggel vonalkázzuk.

Ha a munkadarab jellegzetes alakjának iránya 45°-os, akkor a metszeti vonalkázás iránya 60°-os vagy 30°-os legyen.

Határozatlan vagy nagy kiterjedésű csatlakozó elemek szelvényén elegendő csak a szegélyén lévő sávot vonalkázni.

Vékony falú szerkezeti elemek elkülöníthetők egymástól, és szelvényeiket a metszeti vonalkázás helyett feketítjük.

Az anyagfajták metszeti jelölése **135. ábra**

Fémes anyag	
Muanyag	
Fa keresztmetszete	
Fa hosszmetszete	
Beton	
Üveg	
Szemcsés anyag	
Folyadék	

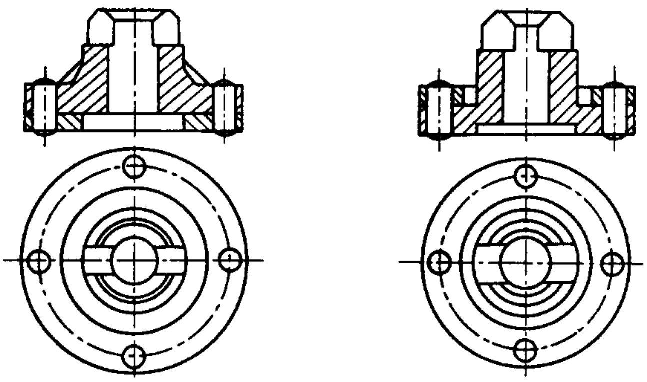
135.ábra

6.3.2. Nem metszendő alkatrészek, részletek

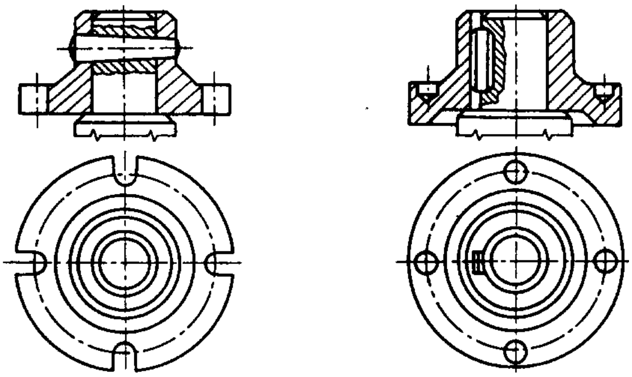
Ne rajzoljunk metszetben olyan alkatrészt vagy részletet, amelynek metszete nem ad több információt nézeténél!

Az ábrázolási szabály szerint (**136. ábra**):

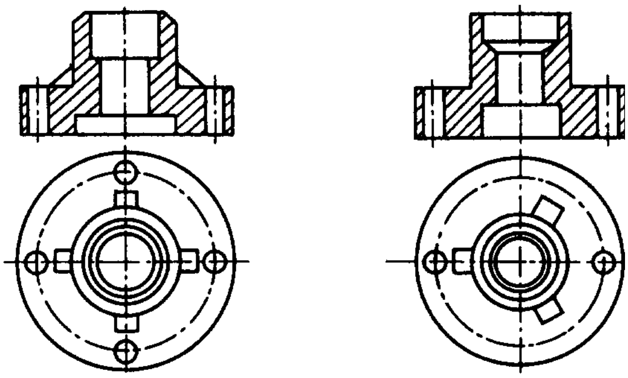
- tömör hengeres alkatrészt (pl. tengelyt, csavart, szeget, orsót),
- tömör egyszerű alkatrészt (pl. kúposszeget, éket, reteszt, golyót, fogantyút, kart, tartót, fogat, láncot, kapcsot),
- nagy kiterjedésű tömör részletet (pl, küllőt, bordát, vékony falat) még akkor is nézetben kell ábrázolni, ha a részlet főirányával párhuzamos metszősík keresztülhalad rajta nem metszünk szeget),



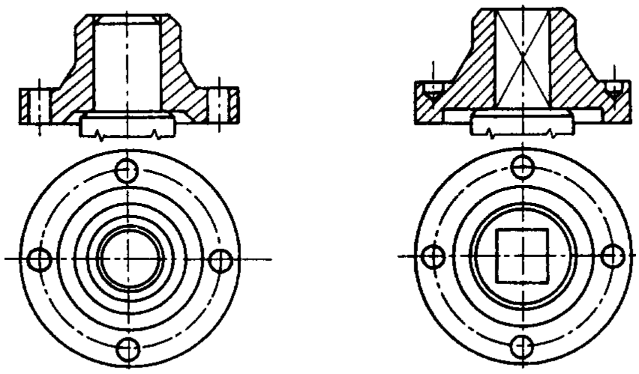
- nem metszünk kúpos szeget, éket



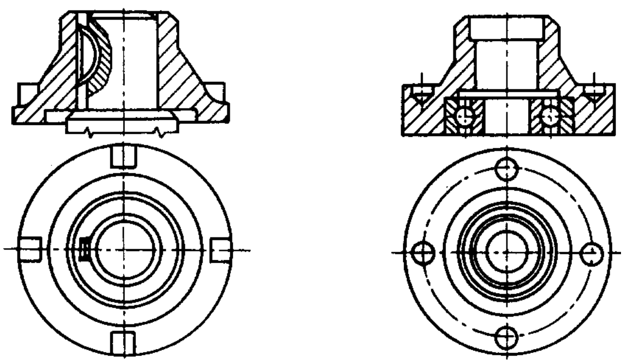
- nem metszünk bordát



- nem metszünk tengelyt hosszában



- nem metszünk reteszt és golyót



136. ábra

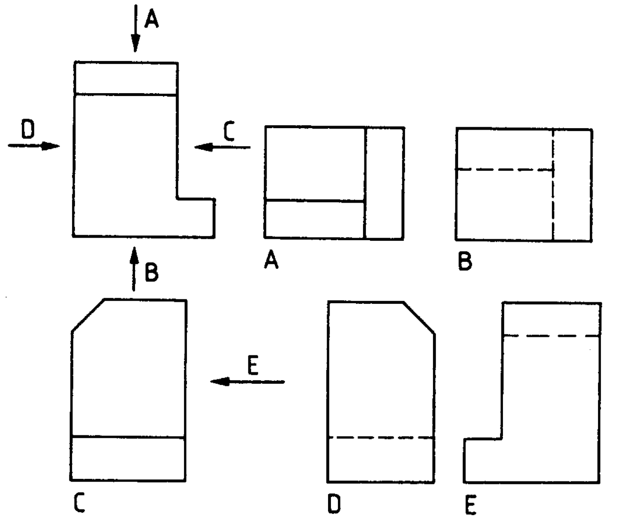
7. Ábrázolási különlegességek

7.1. Nézetek elhelyezése az európai és amerikai vetítési módtól eltérően

A szabványos nézetrendek közös jellemzője az, hogy az elölnézetet tekintjük *főábrá*nak, és a vetületet úgy helyezzük el, hogy a főábrán felismerhető függőleges irány az oldalnézeteken és a hátulnézeten is függőlegesnek látszódjék. Ezt kell egyéb vetületrendezésnél is betartani.

Ha az európai és az amerikai vetítési mód alkalmazása nem lehetséges (pl. helyszűke miatt), vagy nem előnyös, akkor a nézési irányt mutató nyilak feltüntetésével a nézetek tetszés szerint elhelyezhetők (**137. ábra**).

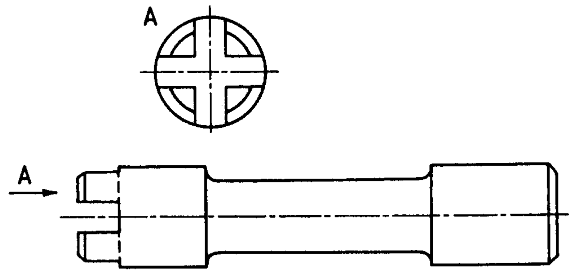
Az így azonosított nézeteket a főnézettől függetlenül helyezhetjük el. A nézeteket azonosító nagybetűket közvetlenül a nézetrajz alá vagy fölé lehet írni, de egy rajzon belül mindig azonos módon. Az így készített rajzon az európai vagy az amerikai vetítési mód egyezményes megkülönböztető jelképeit nem szükséges feltüntetni.



137. ábra

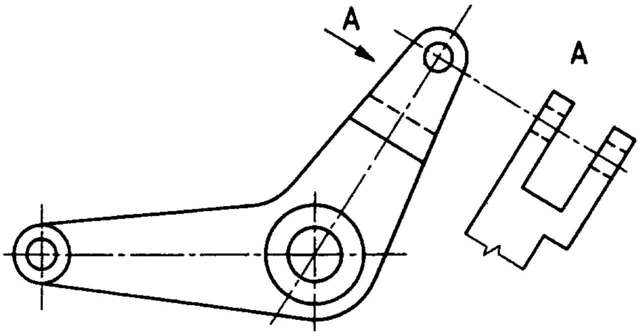
7.2. Különleges (a nézetrendtől eltérő) nézetek

Az európai nézetrend szerint megrajzolt viszonylag hosszú főábra vége és a hozzá kapcsolt oldalnézet összetartozó részletei egymástól távol vannak, így nehezen tekinthetők át. Ezért célszerű lehet az oldalnézetet a nézési iránynak megfelelően a főábra megfelelő részének közelében elhelyezni. Az oldalnézet azonosítására betűjelet kell használni (**138. ábra**).



138. ábra

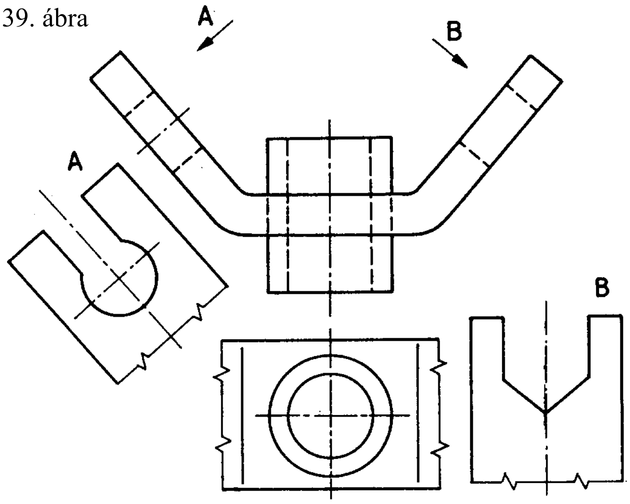
Ha a nézetrendekben felsorolt nézetektől (elölnézet, felülnézet, balnézet stb.) eltérő nézetre van szükség, akkor az ábra a nézési irányt mutató nyíllal és azonosító betűvel azonosítható az előzőekben tanultak szerint. Ezt az ábrázolási módot alkalmazzuk ferde helyzetű részleteket tartalmazó tárgyak ábrázolásakor (**139. ábra**).



139. ábra

A villás kialakítás mérethelyesen olyan ferde segéd képsíkon ábrázolható, amely a megmutatni kívánt felülettel párhuzamos. Ezt a résznézetet a vetítés irányában kell elhelyezni, nyilazott vonallal és betűjellel jelölni kell.

Ez a megoldás akkor is, amikor a ferde részletet elcsúsztatva vagy elfordítva ábrázoljuk a főábrához viszonyítva (**140. ábra**).

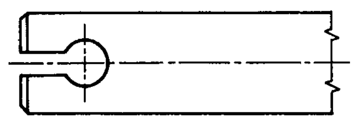


140. ábra

7.3. Résznézetek (részletek)

Résznézetről akkor beszélünk, ha a teljes nézetnek csak egy részét rajzoljuk meg, és a semmitmondó, új információt nem tartalmazó részét elhagyjuk.

A résznézetet folytonos vékony, szabadkézi törésvonallal vagy folytonos vékony egyenes törésvonallal kell határolni (**141. ábra**).

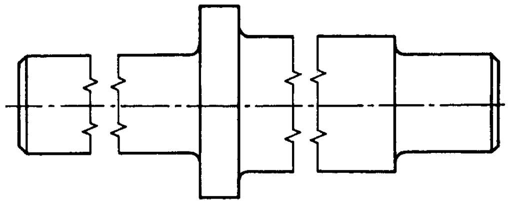


141. ábra

7.4. Törésvonallal megszakított ábrázolás

Hosszú tárgyakat, általában rúd alakú testeket (tengely, cső, hengeres rúd stb.), ha rajtuk hosszabb szakaszon semmilyen kialakítási részletet nem kell megmutatni, akkor az eddig tanultak szerint megrajzolni célszerűtlen. Ezeket a tárgyakat ábrázolhatjuk úgy, hogy a tárgy semmitmondó részeit elhagyjuk, és csak azokat a részeit rajzoljuk meg, amelyek a meghatározáshoz szükségesek.

A tárgy kitört részeit elhagyva, a meghagyott részeket szorosan egymás mellett kell ábrázolni. Ezeket az ábrázolt tárgyrészeket vékony szabadkézi vagy egyenes törésvonallal határoljuk (**142. ábra**).

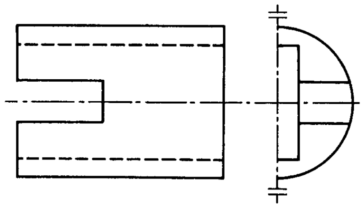


142. ábra

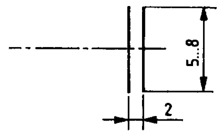
7.5. Szimmetrikus tárgyak részábrázolása (félvetület, negyedvetület)

A tárgy vetületének (nézetének, metszetének) szimmetrikusságát általában a szimmetriatengelyével jelöljük. A tengelyvonalakat vékony pontvonallal a vetület, ill. szimmetrikus részlet kontúrján túlhúzva kell megrajzolni.

A szimmetrikus vetületnek (idő- és helymegtakarítás érdekében) szabad csak egy részét - a felét vagy a negyedét – ábrázolni (**143. ábra**). Ilyenkor a szimmetriavonalat a két végén, rá merőleges irányú két-két rövid párhuzamos vékony vonallal kell jelölni (**144. ábra**).



143. ábra

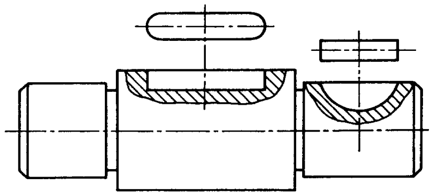


144. ábra

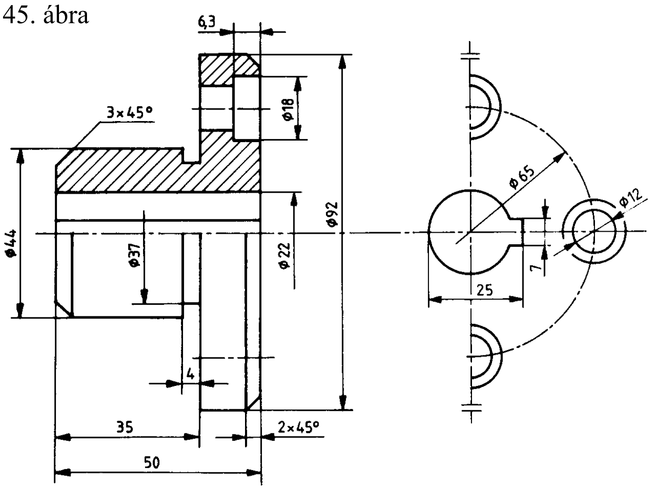
7.6. Helyi nézetek

Ha egy vetület valamelyik részlete miatt nem egyértelmű, akkor meg kell adni a kérdéses részlet helyi nézetét egy újabb teljes vetület ábrázolása helyett.

A helyi nézet az amerikai vetítési mód szerint készül, függetlenül az adott vetítési módtól. A helyi nézeteket folytonos vastag vonallal kell rajzolni és a főnézethez középvonallal kell hozzákapcsolni (**145.** és **146. ábra**).



145. ábra

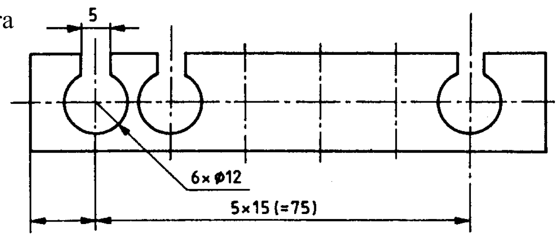


146. ábra

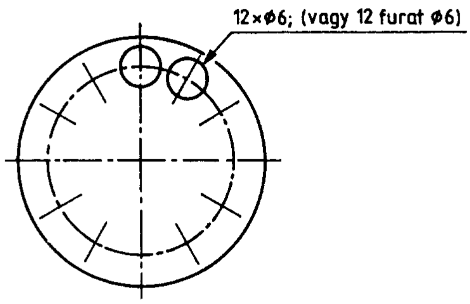
7.7. Ismétlődő alakzatok egyszerűsített ábrázolása

Az ismétlődő alakzatokat lehet egyszerűsítve ábrázolni úgy, hogy minden esetben meg kell adni az ismétlődő alakzatok számát és fajtáját mérettel vagy szöggel.

Az ismétlődő alakzatot legalább egyszer - ha a méretmegadás miatt szükséges, többször is - részletesen meg kell rajzolni (**147.** és **148. ábra**).



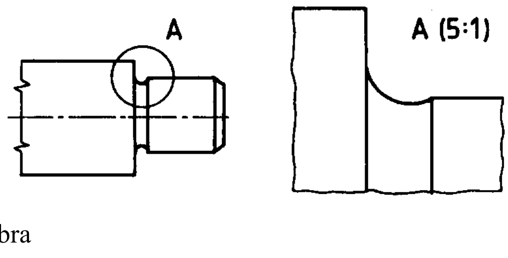
147. ábra



148. ábra

7.8. Nagyobb léptékű (kiemelt) részletek

Ha a tárgy részleteit nem lehet a rajzon alkalmazott méretarányban ábrázolni vagy méretezni, akkor a kiemelt részt folytonos vékony vonallal körül kell határolni és nagybetűvel kell azonosítani. Ezt a körülhatárolt részletet az azonosító betű feltüntetésével az ábra közelében nagyobb léptékben ki kell rajzolni. A méretarányt zárójelbe tesszük (**149. ábra**).



149. ábra

8. Méretthálózat

8.1. Különleges méretmegadások és egyszerűsítések

*Osztókör*ön megengedett a *zárt méretlánc* (**150. ábra**).

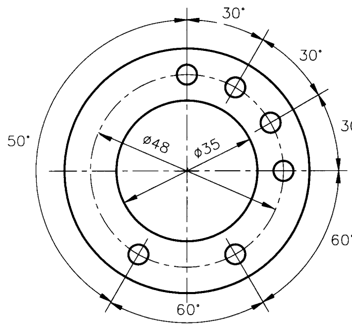
Az egyenlő osztás megadható az osztókör átmérőjével, az osztás méretével és az osztókörön elhelyezkedő furatok számával (**151. ábra**).

Furatok helyzetének megadásakor figyelembe kell venni a furatok gyártási módját és egymáshoz való helyzetüket is (fúrás, lyukasztás). Megfelelően körülhatárolt területen a furatok helyzete bázisvonaltól is megadható (**152. ábra**).

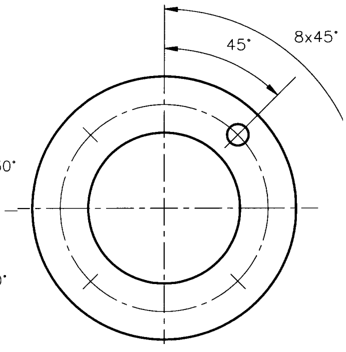
Esztergált alkatrész méretmegadása az esztergálás műveleti sorrendjét követi. A homlokfelülettől (bázistól) kiindulva kell az összes hosszúsági méretet megadni.

Két végéről esztergált alkatrész méretezési bázisfelülete a munkadarab két végének homlokfelülete, innen adjuk meg a hosszúsági méreteket, a legnagyobb átmérőhöz tartozó hosszméret kiadódó méret lesz (**153. ábra**).

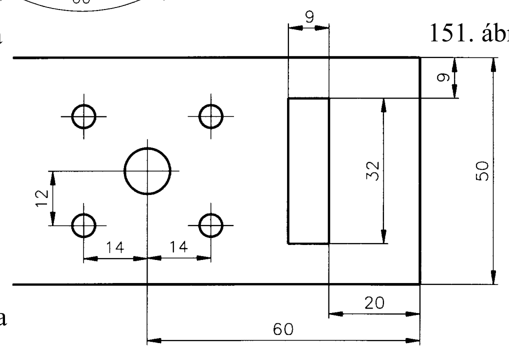
Az átmérők méretei a középvonalra szimmetrikusan felváltva hol jobb, hol bal oldalra írhatók.



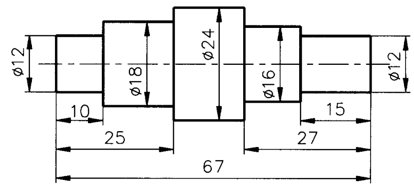
150. ábra



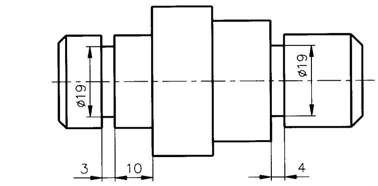
151. ábra



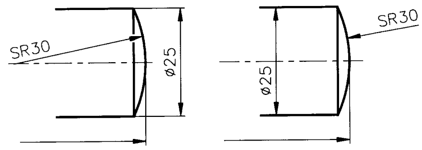
152. ábra



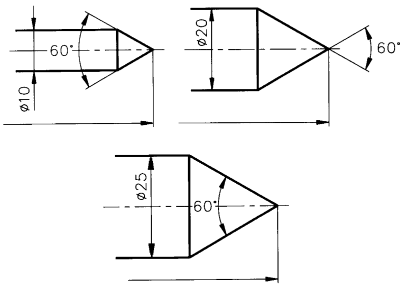
153. ábra



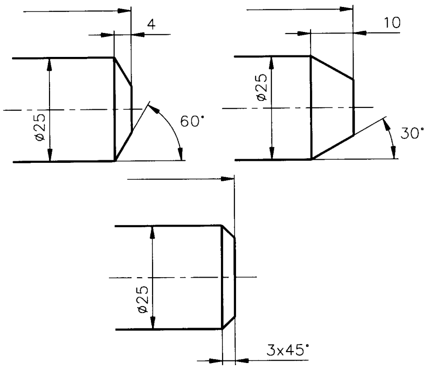
154. ábra



155. ábra



156. ábra



157. ábra

Az esztergált alkatrészeken a normál méretezéstől eltérően azt a hornyot, amely egy adott átmérőhöz tartozik, csak a szélességével és átmérőjével kell megadni. Amennyiben a horony hengeres felülethez csatlakozik, akkor a működés szerint is méretezni kell (**154. ábra**).

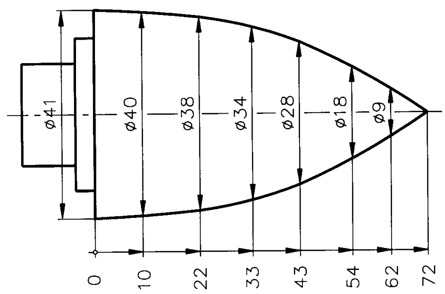
Hengeres munkadarab legömbölyített végét sugár megadásával kell méretezni. A munkadarab hosszát a legömbölyítéssel együtt kell megadni (**155. ábra**).

Kúpos munkadarabok méretezésekor a kúpszöget elegendő hely esetén közvetlenül a kúpon kell megadni. Ha a kisebb alkatrészátmérő ezt nem teszi lehetővé, akkor a kúpon kívül méretsegédvonalakkal lehet megadni (**156. ábra**).

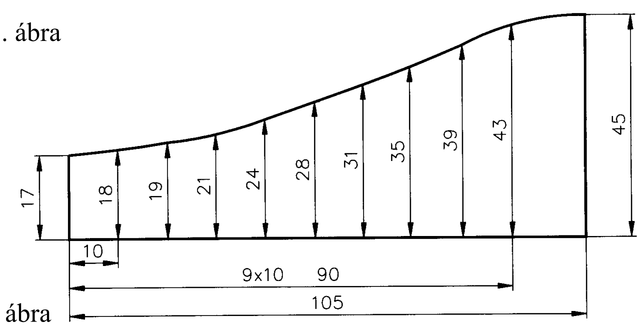
Hengeres munkadarabok végének éltompítását az élletörés szögével és hosszával kell megadni.

Csak 45°-os élletörés esetén lehet egyszerűsített méret-megadást alkalmazni (**157. ábra**).

Szabálytalan kontúrvonalú alkatrészek méretei az egyes pontok koordináta méreteinek megadásával határozhatók meg (**158. és 159. ábra**).



158. ábra



159. ábra

8.2. Lejtés és a kúposság jelölése

Adott ferde síknak egy ún. alapsíkhoz viszonyított hajlását lejtésnek nevezzük. A lejtés méretszáma a ferde sík és az alapsík által bezárt szög tangense. Ezt a rajzon aránnyal (1 : x) vagy százalékban (y %) fejezzük ki. A méretszám előtti (∠) jel csúcsa a lejtés irányába mutasson. A lejtést a **160. ábra** szerint értelmezzük.

$$\text{A lejtés} = \frac{A - B}{L} = \frac{1}{x} = 1 : x$$

$$\text{Lejtés \%} \; \frac{A - B}{L} \, 100\,\% = y\,\%$$

Számadatokkal, ha A=20; B=10; L=50

$$\text{a lejtés} = \frac{20 - 10}{50} = \frac{1}{5} = 1 : 5$$

$$\text{százalékosan} \; \frac{20 - 10}{50} \, 100\,\% = 20\,\%$$

A lejtést a lejtős felületet ábrázoló vonalon vagy annak meghosszabbításán adjuk meg. Megadhatjuk még mutatóvonalon is (**161. ábra**).

Négyzetes gúla adatait oldalaik lejtésével is megadhatjuk (**162. ábra**).

A kúposság a forgáskúp-felületű test két zárófelületének átmérője közötti különbség, viszonyítva az átmérők közötti távolsághoz. Ez a rajzon aránnyal vagy százalékosan fejezhető ki (**163. ábra**)

$$\text{A kúposság} = \frac{D - d}{L} = \frac{1}{x} = 1 : x$$

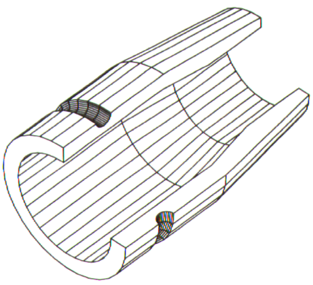
$$\text{százalékosan} \; \frac{D - d}{L} \cdot 100\% = y\%$$

ill. számadatokkal, ha D = 31; d = 26; L = 40

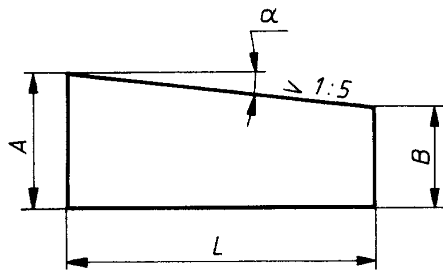
$$\text{A kúposság} = \frac{31 - 26}{40} = \frac{1}{8} = 1 : 8$$

$$\text{százalékosan} \; \frac{31 - 26}{40} \cdot 100\% = 12{,}5\%$$

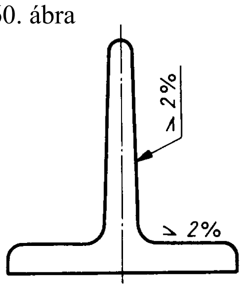
A kúposság értékét a kúposság irányát mutató jellel (▷) és a mellé írt aránnyal vagy százalékosan adjuk meg a kúp középvonala fölött vagy azzal párhuzamos segédvonalon. A jel csúcsa a kúp csúcsának irányába mutat (**164. ábra**). A kúpalkotó és a kúp tengelye által bezárt szög tangense a kúpalkotó - tengelyhez viszonyítva - lejtése fele a kúposságnak.



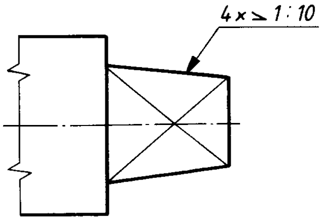
Ha szükséges - pl. ha több kúpfelület középvonala egybeesik -, a kúposság mutatóvonalon is megadható (**165. ábra**).



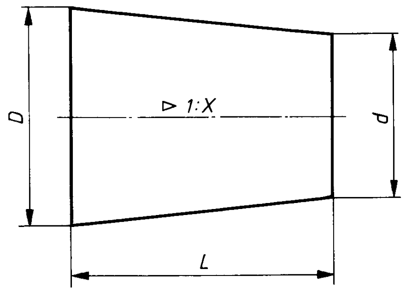
160. ábra



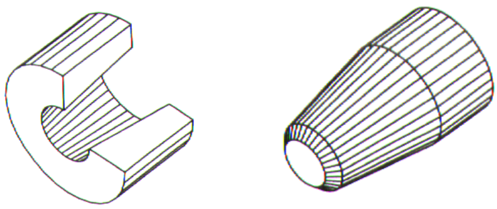
161. ábra

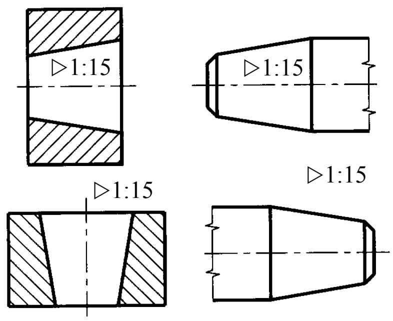


162. ábra

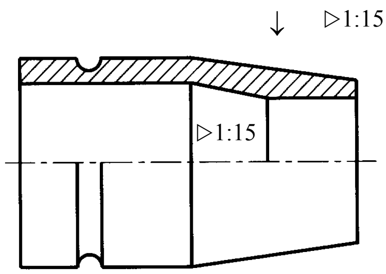


163. ábra





164. ábra



165. ábra

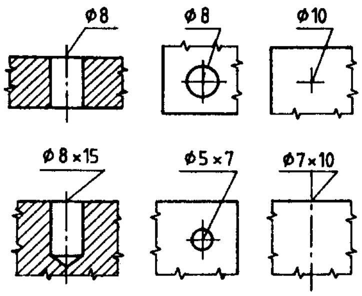
8.3. Furatok egyszerűsített méretmegadása

Zsúfolt vagy kis méretarányú rajzokon, ha a furatok eddig ismert méretmegadása az áttekinthetőséget nehezíti, megengedett a furatok egyszerűsített méretmegadása. A *furatméretet a furattengelytől kiinduló mutatóvonalon kell megadni*. Az első szám a furat átmérője, a második szám a furat mélységére vonatkozik (**166. ábra**).

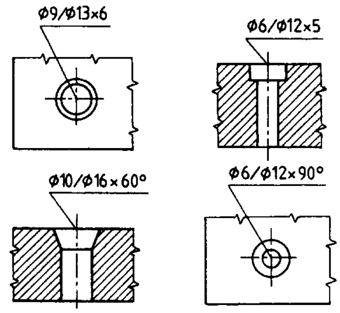
Átmenőlyuknak csak az átmérőjét írjuk elő. Ezért ha a méretmegadás csak a lyuk átmérőjét tartalmazza, akkor a lyuk átmenőnek tekintendő.

A hengeresen vagy kúposan süllyesztett furatok egyszerűsített méretmegadásakor a mutatóvonalat a süllyesztés oldalán kell megadni. Az első szám az alapfurat átmérőjét, a második a süllyesztés átmérőjét, a harmadik a süllyesztés mértékét vagy a kúpos süllyesztés központi szögét jelenti (**167. ábra**).

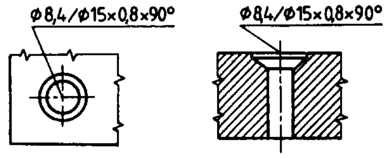
Ha a süllyesztés mértéke és a kúpszög megadása egyaránt szükséges, akkor a süllyesztés mértékét követi a kúpszög megadása (**168. ábra**).



166. ábra



167. ábra



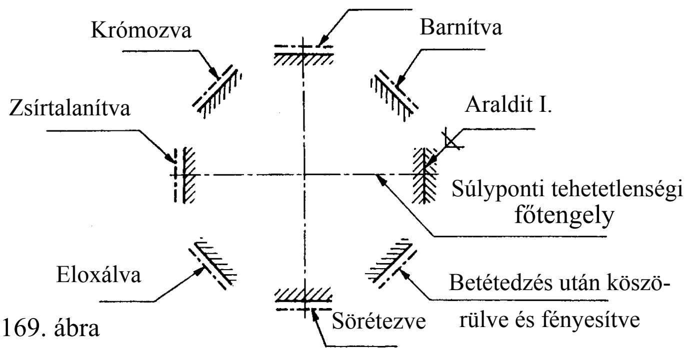
168. ábra

8.4. A felületkikészítés és a hőkezelés rajzi megadása

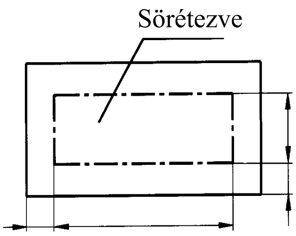
Ha az alkatrész valamilyen különleges állapotát is jelölni kell, pl. a felületkikészítés területét vagy a hőkezelés helyét kell mérettel megadni, akkor azt a területet vagy a helyet a felülettől kis távolságra és azzal párhuzamosan rajzolt vastag pontvonallal kell jelölni (**169. ábra**).

A felületkikészítés módját nyílban végződő mutatóvonalon adjuk meg. A szöveges utasítás mindig az alkatrész *kész állapotát* fejezi ki (pl. "Sörétezve").

Ha szükséges, a felületkikészítés helyét mérettel kell meghatározni (**170. ábra**).

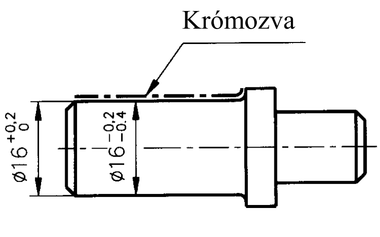


169. ábra



170. ábra

Ha a helymeghatározás forgásfelületre vonatkozik, akkor a jelölést elegendő csak az egyik oldalon megadni (**171. ábra**).

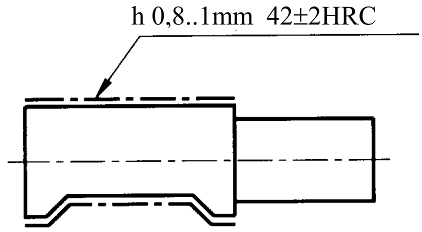


171. ábra

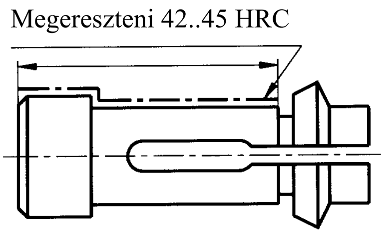
Hőkezelendő termék rajzán fel kell tüntetni a termék hőkezelés utáni tulajdonságait (pl. keménységét). A kezelés felületmélységét *h* betűvel kell jelölni (**172. ábra**).
Pl. h 0,7...0,9 mm; 40...44 HRC;
vagy h 0,8...1 mm; 42±2 HRC.

Ha a munkadarab csak egy részére vonatkozik a hőkezelési utasítás, akkor ezt jelölni kell (**173. ábra**).

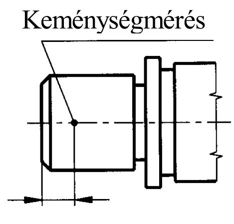
A működő felületek épségének megóvása érdekében a keménységmérés helyét szöveggel jelöljük meg (**174. ábra**).



172. ábra



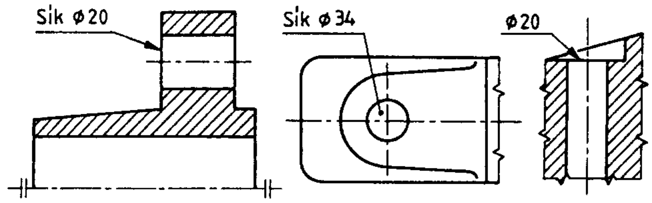
173. ábra



174. ábra

8.5. Kötőelemek felfekvő felületének jelölése

Az öntvények felülete általában nem alkalmas felfekvő felületként csavarfej vagy más kötőelem számára. Ezért a furatok környékét - adott átmérőjű részen - meg kell munkálni. Ezt kör alakú tisztító forgácsolással érhetjük el. A felfekvő felület méretét mutatóvonalon jelöljük. (**175. ábra**).

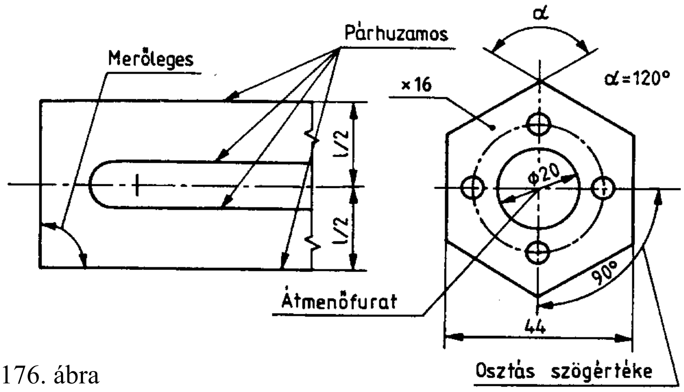


175. ábra

8.6. Magától értetődő méretek

Azokat a méreteket, amelyek az ábrázolásból méretmegadás nélkül is egyértelműen megállapíthatók, *magától értetődő méreteknek* nevezzük. Ezeket a méreteket csak akkor kell megadnunk, ha erre különleges okunk van (pl. tűrés).
Ilyen magától értetődő méretek (**176. ábra**):

- a merőlegesnek rajzolt élek, vagy felületek merőlegessége;
- a párhuzamosra rajzolt élek, középvonalak párhuzamossága;
- a szabályos hatszög szöge;
- a középvonallal felezett méretek félméretének egyenlősége;
- az átmenőfuratok jellege, ha a mélységük nem adott;
- az osztások szögméretei, ha a rajzon az osztások megadott számából az egyértelműen következik.



176. ábra

8.7. A mérethálózat felépítése

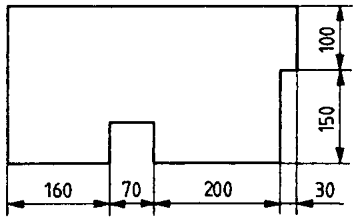
8.7.1. A mérethálózat felépítésének általános szabályai

Mérethálózatnak nevezzük a rajzon megadott összes méretet. A mérethálózat felépítésén az alkatrész egyértelmű meghatározásához szükséges méretek rendezett elhelyezését értjük.

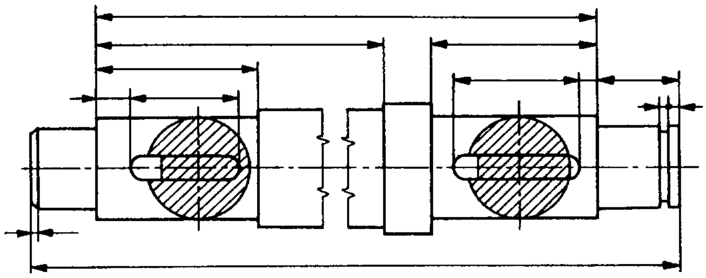
A mérethálózat felépítésekor tekintettel kell lenni az alkatrész vagy szerkezet működésére és elkészítésének módjára, továbbá figyelembe kell venni a gyártásközi és a végső ellenőrzés, valamint mérés módját is.

A *műhelyrajz* az alkatrészt elkészítés utáni állapotában ábrázolja.

Az alkatrész rajzán annyi méretet kell és csak annyit szabad megadni, amennyi az egyértelmű meghatározásához szükséges. Minden méret lehetőleg csak egyszer - a legjellemzőbb vetületen - szerepeljen. A méretmegadás egyes elemeinek meg kell felelniük az eddig tanult szabványos előírásoknak.



177. ábra


178. ábra

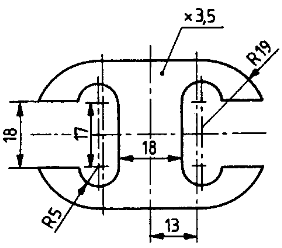
8.7.2. Láncszerű méretmegadás

Ez a mérethálózat csak ott alkalmazható, ahol a mérettűrések, ill. a méret határeltéréseinek összeadódása nem ütközik az alkatrész funkcionális követelményeivel (**177. ábra**).

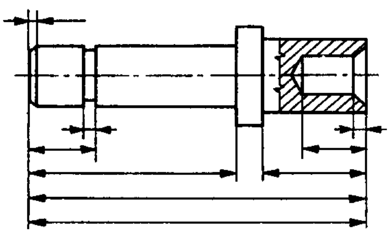
8.7.3. Bázistól induló méretmegadás

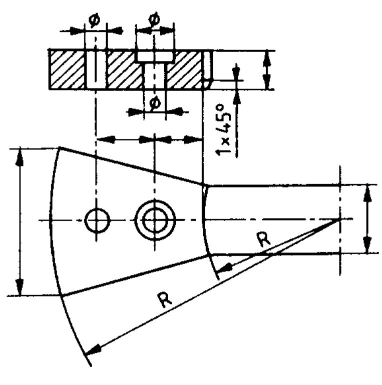
Ez a mérethálózat ott alkalmazható, ahol az azonos irányú méretek közös alaptól indulnak.
A *bázisvonal* lehet:

- a működés szempontjából fontos méret határvonala (**178. ábra**);
- a működés szempontjából fontos szimmetriatengely (**179. ábra**);
- a főméret valamelyik határoló vonala (**180. ábra**);
- egy adott távolságra fekvő, a vetület kontúrjain kívül levő, de a szerkesztéshez vagy gyártáshoz felhasznált pont, egyenes, sík is (**181. ábra**).



179. ábra


180. ábra



181. ábra

8. Méretházózat

Célszerű, ha a szerkesztési, a gyártási és az ellenőrzési bázisfelületek egybeesnek.
Ez a méretmegadási mód lehet:

- *párhuzamos méretmegadás*, amikor az egyes méretvonalak egymással párhuzamosan helyezkednek el, olyan távolságra, hogy a méreteket jól el lehessen helyezni;
- *összevont (halmozott) méretmegadás*, amely a párhuzamos méretmegadás egyszerűsítése. Ott alkalmazható, ahol leolvasási nehézségek nem merülnek fel.

A közös kiindulási pontot a legalkalmasabb helyen kell elhelyezni, és kb. 3 mm átmérőjű üres körrel és 0 méretszámmal jelölni. A közös méretvonal végpontja nyílban végződik. A méretszámokat a méretvonal-határolók közelében helyezzük el a **182.** és **183. ábra** szerint.

A méreteket az egyes vetületeken a külső és belső tagoltságnak megfelelően csoportosítani célszerű. Ezt kívánja meg a könnyebb áttekinthetőség és a megmunkálás folyamata is. Ha a tárgynak ugyanazon elemét nézetben és metszetben egyaránt ábrázoljuk, akkor a külső méreteket a nézeten, a belső méreteket a metszeti képen célszerű megadni (**184. ábra**).

A nyersen maradó és a megmunkált felületek meghatározásához a szükséges méreteket is célszerű különválasztva csoportosítani.

Az összevont (halmozott) méretmegadást két irányban is alkalmazhatjuk, lemezen levő lyukak elhelyezésének megadására. Ebben az esetben a kiindulási pontokat a **185. ábra** szerint helyezzük el.

8.7.4. Táblázatos méretmegadás

Ezt a méretmegadási módot a két irányban alkalmazott összevont (halmozott) méretmegadás helyett alkalmazhatjuk. A helyzetmeghatározó méretpárhoz hozzárendeljük a furat átmérőjét is. A közös kiindulási pontokat itt is a legalkalmasabb helyen kell elhelyezni, és kb. 1 mm átmérőjű ponttal és 0 méretszámmal jelöljük (**186. ábra**).

8.7.5. Kombinált méretmegadás

Mint az elnevezés is mutatja két méretmegadási mód ötvözetéről van szó. A méretek egyenkénti (láncszerű) és az összevont (közös pontból kiinduló) méretmegadásának együttes alkalmazását jelenti (**187. ábra**).

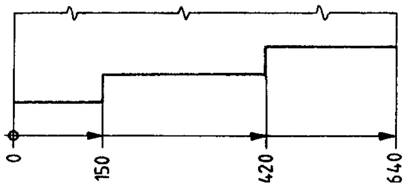
8.7.6. Méretek elosztása a rajzon

A mérethálózatnak határozott rendszerben kell tartalmaznia az előző pontokban tanultak szerint azokat a méreteket, amelyek a munkadarab meghatározásához szükségesek. A méretek célszerű elosztása a rajzon nemcsak a rajz esztétikai értékét növeli, de könnyíti a megértést is.

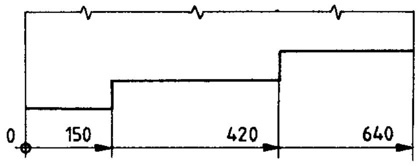
Forgásfelületek tengelyirányú vetületén sok a koncentrikus kör. Az átmérők méreteit tehát inkább a hengerfelületek másik vetületén adjuk meg.

A főméreteket úgy adjuk meg, hogy azokat könnyen megtalálhassuk a rajzon. Az értelemszerűen összefüggő méreteket a legjellemzőbb vetületen összefüggő mérethálózatban kell megadni, pl. a reteszhorony szélességét, mélységét (**188. ábra**).

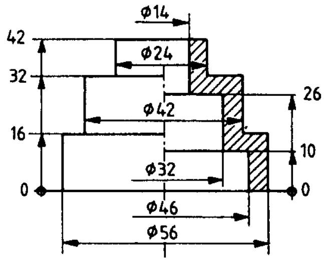
Az egy munkafolyamathoz tartozó méreteket lehetőleg egy vetületen adjuk meg (**189. ábra**).



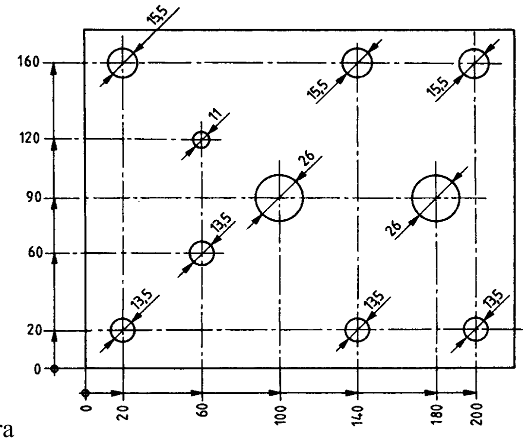
182. ábra



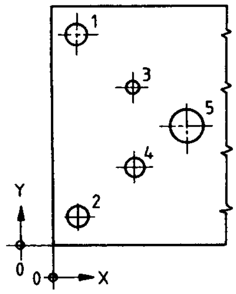
183. ábra



184. ábra

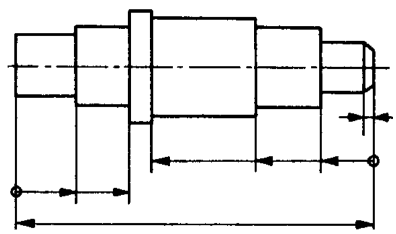


185. ábra

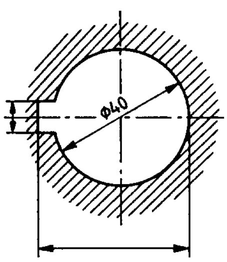


	X	Y	⌀
1	20	160	15,5
2	20	20	13,5
3	60	120	11
4	60	60	13,5
5	100	90	26
6			
7			
8			
9			
10			

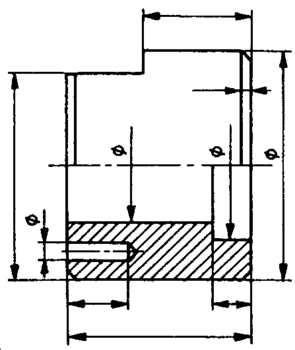
186. ábra



187. ábra



188. ábra



189. ábra

9. Felületminőség megadása

A munkadarabok elkészítése során a méretek megvalósítása mellett az egyes felületek megmunkálási módjára is kell utasítás. Ezt a felületi minőség előírásával biztosítjuk.

9.1. Alapfogalmak

A *valóságos felület* a testnek a külvilággal közvetlenül érintkező határa. Ezt a határt a leggondosabb megmunkálással sem tudjuk tökéletes - a rajzon méretekkel megadott - felületűre elkészíteni.

Az alkatrészek általában egyszerű mértani felületekből (sík, henger, kúp, gömb, körgyűrű) épülnek fel. E felületek méreteit a rajzon az előző fejezetekben ismertetett szabályok szerint adjuk meg. A valóságos felület azonban az ideális *geometriai felület*től mindig eltér, és nem is mérhető meg pontosan, mert a *mért felület* pontossága mérőeszközeink és mérési eljárásaink pontosságától függ.

A méréssel meghatározott felület az *észlelt felület*. Ábrázolni ennek valamilyen (többnyire egyenes) vonal menti észlelt szelvényét tudjuk (**190. ábra**), és ezt az észlelt profilt fogadjuk el tényként (tényleges profil) használatra, értékelésre.

A felületminőség a felület *mikrogeometriai* jellemzőinek összessége. Ide tartozik minden *egyenetlenség*, *hullámosság*, *érdesség*, *barázdairány* stb.

A műszaki gyakorlatban a felületminőségnek vagy azért van jelentősége, mert a kapcsolódó alkatrészfelületek súrlódásának csökkentése növeli az élettartamot, vagy azért mert esztétikai követelményeket kell kielégítenie.

9.2. Egyenetlenségek

A műszaki tárgyak valóságos felülete a különféle egyenetlenségek (munkagép, szerszám, munkadarab kopása, lengése, rezgése; befogási hibák; forgácsolási jellemzők; belső feszültségek stb.) következtében eltér a rajzon ábrázolt és előírt ideális, azaz mértani felülettől.

Ha az eltéréseket a teljes mértani felülethez viszonyítva értékeljük, akkor *makrogeometriai vizsgálatról* beszélünk, a hibát pedig *makrohibának* nevezzük. Ilyen egyenetlenség az *alakhiba*, és a felület egésze alapján észlelhető *hullámosság*.

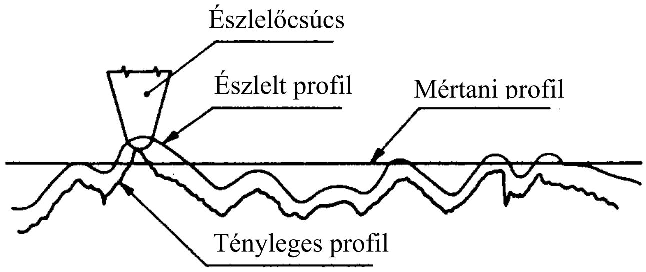
Az *alakhiba* a munkadarab valóságos felületének makrogeometriai eltérése a mértani felülettől, az egész felületre vagy ennek egy részére vonatkoztatva. Például elő nem írt kúposság, ovalitás, ívesség (homorúság, domborúság).

Ha a felület - tetszőleges helyén kiválasztott - kis részén levő egyenetlenségek értékelése alapján állapítjuk meg az egész felületre vonatkozó érvényes jellemzőket, akkor *mikrogeometriai vizsgálatról* van szó, a hibát pedig *mikrohibának* nevezzük. Ilyen hiba az érdesség és a hullámosság.

Az érdesség a munkadarab valóságos felületének kis térközű, jellegzetes mintázatot mutató, ismétlődő egyenetlensége, amelynek hullámhossza nagyságrenddel kisebb a hullámosságként figyelembe vett hullámhossznál.

A hullámosság a valóságas felületnek az a nem szándékos, viszonylag nagy térközű, ismétlődő felületi egyenetlensége, amelynek hullámmélysége a hullámhosszhoz (2,5...25 mm) képest kicsi (1/40 vagy kisebb).

Az itt leírt fogalmaknak megfelelő egyenetlenségek között nincs éles határ. Elnevezésükről, okaikról, észlelésmódjukról és jellegükről a **4. táblázat** tájékoztat.



190. ábra

4. táblázat

	elnevezés	okozója	észlelése	jellege	vizsgálati tartománya
Makrohibák	Síktól való eltérés, ovalitás, kúposság stb.	Munkagép, munkadarab kopása Munkadarab deformációja Befogási hibák Elhúzódás	Hossz és szögmérés	Alakhiba	Makro geometria
	Hullámosság	Munkagép, munkadarab lengése Szerszám excentrikus befogása Munkadarab, szerszám alakhibája Belső feszültség			
Érdesség	Barázdák	Forgácsolási jellemzők: előtolás, fogásmélység, forgácsoló sebesség, geometria	Geometriai vagy fizikai felületvizsgálat	Felületi érdesség	Mikro geometria
	A barázdák felületén lévő rovátkák, repedések, görcsök, rücskök	A munkadarab anyaga Szerszám anyaga, kenés, hűlés, stb. Elektrokémiai folyamatok Kémiai hatások			
	Kristály szerkezet				

A valóságban az egyenetlenségek együtt fordulnak elő, közvetlenül nem is érzékelhetők helyesen. Mivel a felületet a gyakorlatban a profiljával helyettesítjük, ezért az *észlelt profilt* a hullámhossz szerint szétválasztott összetevőire kell szétbontani (**191. ábra**). Ahhoz, hogy az így szétválasztott összetevők külön-külön értékelhetők legyenek, a vizsgálni kívántnál durvább összetevőt figyelmen kívül kell hagyni. Ezt *hullámossági profil*nál az alakhiba profilgörbéjének kiegyenesítésével, az *érdességi profil*nál pedig az alakhiba és a hullámosság profilgörbéinek a kiegyenesítésével érhetjük el. Így kapjuk azokat az egyenes középvonalú, észlelt hullámossági és érdességi profilokat, amelyekből a jellemző mérőszámok már meghatározhatók. A továbbiakban az észlelt érdességi vagy hullámossági profilon mindig az így készült, kiegyenesített középvonalú, *származtatott észlelt profil*t kell érteni.

A gyakorlatban az észlelt profilnak ilyen analitikus szétbontására általában nincs szükség, mert a tapintócsúcsos műszerek - beépített hullámszűrők segítségével - ezt a szétbontást automatikusan elvégzik, és már az egyenes középvonalú, származtatott profil jellemzőit mutatják és értékelik ki. Ha szükséges, akkor ezt az egyenes középvonalú érdességi vagy hullámossági profilt rajzolják meg.

9.3. Felületi érdesség

A munkadarab valóságos és észlelt felülete rétegnek tekinthető. A réteg felületi egyenetlenségeinek számszerű jellemzése nehézkes. Ezért ezeket az egyenetlenségeket általában a megmunkálás irányára merőleges *profilsík*ban vizsgáljuk. Az itt megállapított *profiljellemzők* alapján bíráljuk el a felület érdességét.

Az ebben a profilsíkban észlelt profil azonban az érdességen kívül a felület hullámosságábó1 és alakhibájából származó torzulásokat is tartalmaz. Az érdesség értékelésekor csak az alak-hibaprofil és hullámossági-profil kiegyenesítésével nyerhető érdességi profil használható fel.

A *felületi érdesség* jellemzésére célszerű olyan adatokat választani, amelyek viszonylag egyszerűen és megbízhatóan megállapíthatók, ugyanakkor ezekkel a különböző felületek érdessége összehasonlítható.

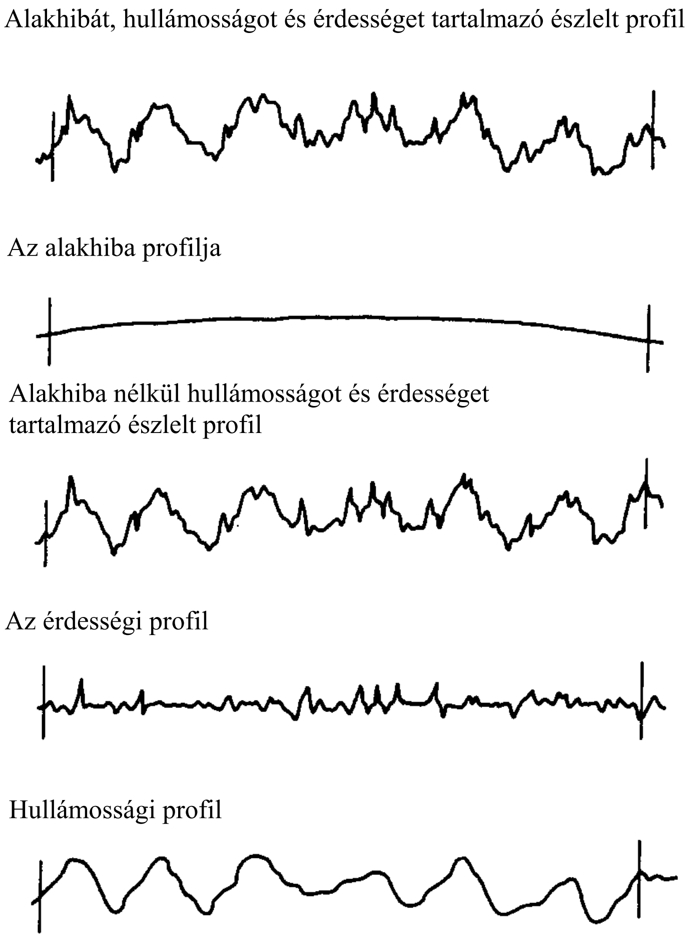
Az érdességi profilon észlelt eltéréseket meghatározott hosszúságú *alapvonal*- (alaphossz-) tartományban vizsgáljuk. Az *alaphossz* az a hullámhossz, amelynél nagyobb hullámhosszúságú egyenetlenségeket az érdesség vizsgálatakor már figyelmen kívül hagyunk. A profil alaphossznyi szakaszán az érdesség jellegzetes alakja már látszik.

Az érdességi profilon a hullámhossz a magassághoz képest viszonylag kicsinek látszik, de az észlelt profil értékelésénél figyelembe kell venni, hogy amíg hosszirányban csak 50...100-szoros a nagyítás, addig az eltérések irányában 500...10 000-szeres.

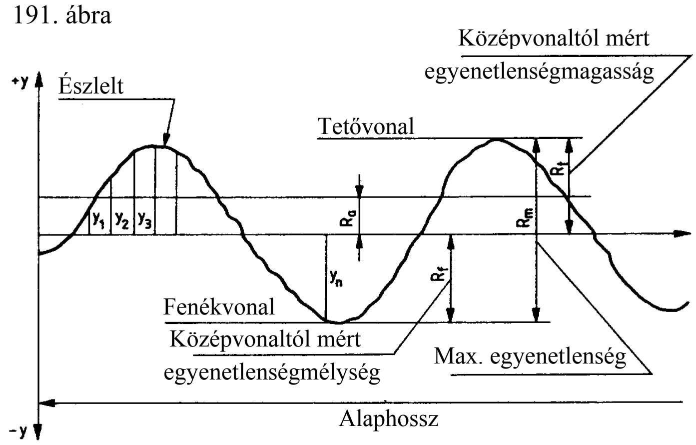
A gyakorlatban leginkább az R_a *átlagos érdesség* és az R_z *egyenetlenségmagasság* terjedt el az érdesség jellemzésére (**192. ábra**). (Az érdesség angolul Roughness.)

Az olyan rajzokon, melyeken a hosszméreteket mm helyett hüvelykben (in, ") adják meg, az érdességi mérőszámokat mm helyett µin-ben írják fel. Mivel 1 m kb. 40 in, ezért az ilyen mérőszámok a nálunk szokásosaknak 40-szeresei!

A kétféle mértékegységű R_a felületi érdesség mérőszámai helyett az ISO 1302 (E) szabvány közös fokozatszámokat vezetett be (**5. táblázat**).



191. ábra



192. ábra

5. táblázat

Felületi érdesség, R_a		Felületi érdesség fokozatszáma az ISO 1302 alapján
µm	µm	
50	2000	N12
25	1000	N11
12,5	500	N10
6,3	250	N9
3,2	125	N8
1,6	63	N7
0,8	32	N6
0,4	16	N5
0,2	8	N4
0,1	4	N3
0,05	2	N2
0,025	1	N1

9.4. Az érdesség megadása géprajzon

A felületi érdességet a rajzon az érdesség jelével, az átlagos érdesség vagy egyenetlenségmagasság mérőszámával és szükség esetén az érdesség egyéb kiegészítő adatával kell megadni.

A rajzokon az alkatrészek megmunkálása során megengedhető legnagyobb átlagos felületi érdességet kell előírni. Általában az átlagos érdességet írjuk elő, ezért ennek betűjelét (R_a) nem kell feltüntetni. Az egyenetlenségmagasság betűjelét (R_z) mindig fel kell tüntetni a mérőszám előtt.

Az érdességi jelet vékony folytonos vonallal rajzoljuk, felépítését a **193. ábrán** láthatjuk.

Az érdességi jel kiegészíthető a megmunkálásra és az ellenőrzésre vonatkozó utasításokkal, valamint egyéb adatokkal:
- *a* az érdesség betűjelének és számértékének a helye;
- *b* a megmunkálási és ellenőrzési utasítás helye;
- *c* az alaphossz mm-ben megadott számértékének a helye;
- *d* a felületi egyenetlenségek irányának jelölésére fenntartott hely;
- *f* az R_a -tól különböző érdességi érték.

A vonalszakaszt csak akkor kell megrajzolni, ha mérési vagy ellenőrzési utasítást és/vagy az alaphosszt vagy a hullámosságot kívánjuk megadni.

Az érdességi jelet a megmunkálási igénytől függően különböző módon rajzolhatjuk. Ha csak az alapjelet rajzoljuk meg, akkor ezzel azt jelezzük, hogy a megmunkálás módja közömbös a számunkra.

A forgácsoló megmunkálással elérendő érdességet zárt ékkel jelöljük, forgácsolás nélküli megmunkálás esetén (kovácsolás, hengerelés, mángorlás, öntés stb.) a körös nyitott éket használjuk (**194. ábra**).

Az érdességi jelet a rajzon úgy kell elhelyezni, hogy annak csúcsa a felület kontúrvonalával kívülről érintkezzen.

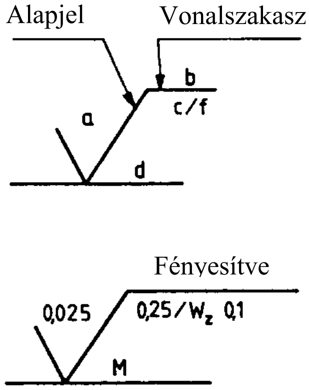
Az érdességi jelet elhelyezhetjük még a méretsegédvonalon vagy a felülethez nyíllal kapcsolt mutatóvonalon, helyszűke esetén a méretvonal meghosszabbításán is (**195. ábra**). Az érdességi jelet semmilyen vonal nem metszheti. Ha metszené, akkor azt a vonalat (kontúr-, méret-, segédvonal stb.) meg kell szakítani.

Az érdesség számértékét az érdesség jelében kell megadni. Az érdesség számértékét úgy kell felírni, hogy a rajz többi méretszámával, ill. feliratával azonos irányból legyen olvasható (**196. ábra**).

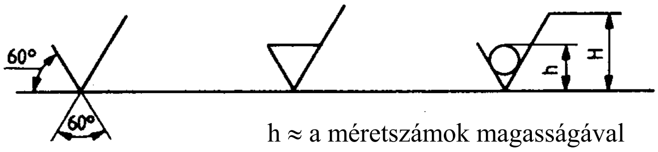
Az alkatrész minden egyes felületének érdességét függetlenül a vetületek számától, csak egy helyen adjuk meg, lehetőleg azon a képen, amelyen a felület helyét meghatározó méret is megtalálható. A töréssel megszakított felületen is csupán egy helyen kell megadni a felületi érdességet. Ugyancsak egyszer kell megadni az osztással megadott furatok, fogak érdességét is (**197. ábra**).

Ha az érdesség megengedhető legkisebb értékét is elő kell írni, akkor az érdességet határértékekkel adjuk meg (**198. ábra**).

Ha az alkatrész minden felülete azonos érdességű, akkor ezt az érdességet a rajz jobb felső sarkában kiemelten kell megadni. A kiemelt érdességi jelet is vékony folytonos vonallal rajzoljuk, nagysága a felülethez rajzolt jel 1,4...2-szeresE legyen (**199. ábra**).

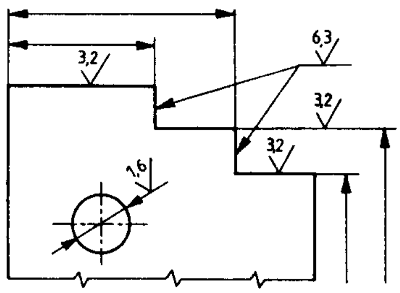


193. ábra

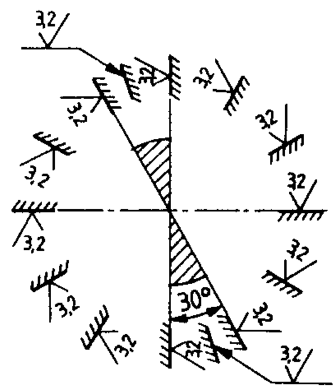


h ≈ a méretszámok magasságával
H ≈ (1,3...3) h

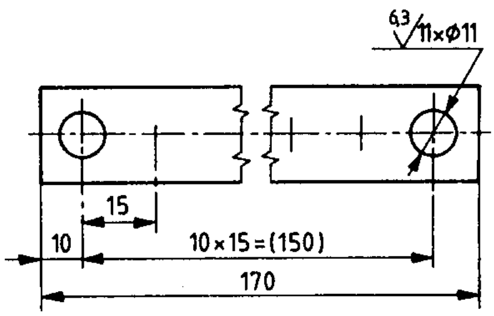
194. ábra



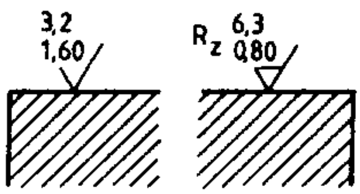
195. ábra



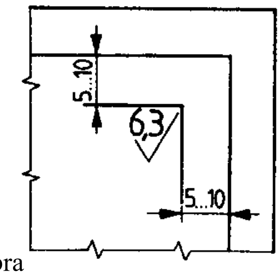
196. ábra



197. ábra



198. ábra



199. ábra

A kiemelt érdességi jel mindazokra a felületekre vonatkozik, amelyek nincsenek érdességi jellel ellátva. A mellette elhelyezett kerek zárójeles nyitott ék azt jelenti, hogy a kiemelt érdességtől eltérő érdességű felület is van a rajzon (**200. ábra**).

A szállítási állapotban (megmunkálás nélkül) maradó felületeket körös nyitott ékkel jelöljük. Ilyenkor számértéket nem írunk a jelre (**201. ábra**). A körös nyitott ék önmagában - zárójeles ék és számérték nélkül - kiemelt felületi jelként nem szerepelhet.

A felületi egyenetlenségek (megmunkálási nyomok) irányát - ha szükséges - a **6. táblázatban** összefoglalt jelekkel írjuk elő.

Adatokkal kiegészített érdességi jel ismétlődésekor vagy helyszűke esetén a felületi érdesség megadható más célra nem foglalt kisbetűvel és nyitott ékkel. A jelmagyarázatot a feliratmező felett a műszaki követelményekben kell megadni (**202. ábra**).

Az azonos névleges méretű, de különböző érdességű felületszakaszokat egymástól vékony folytonos vonallal kell elválasztani, és az érdességet külön-külön meg kell adni (**203. ábra**).

Egymással éllel csatlakozó felületek azonos érdességét egyszer kell megadni. Ezt az érdességi jelre rajzolt 4...5 mm átmérőjű, vékony vonalú körrel jelezzük (**204. ábra**).

Folyamatos átmenettel csatlakozó felületekre az azonos érdességet csak egyszer kell megadni (**205. ábra**).

Furatok egyszerűsített méretmegadásakor a furatfelület érdességét is a méretvonalon kell megadni. Az érdességi jel megelőzi a méretszámot (**206. ábra**).

Kötőelemek alatti felfekvő felületek felületi érdességét a megmunkálási átmérővel együtt kell megadni. Az érdességi jel megelőzi az átmérő méretét (**207. ábra**).

Méretmegadással ellátott összeállítási rajzokon az illeszkedő felületek érdességét mindkét felületre külön-külön meg kell adni (**208. ábra**).

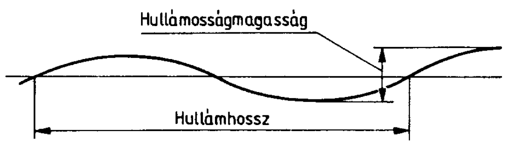
9.5. Felületi hullámosság

A *hullámosság* a névleges felülettől való olyan nagy térközű ismétlődő eltérés, amelynek hullámhossza a hullám mélységének sokszorosa (legalább 40-szerese). (**209. ábra**)

A felületi hullámosságot a műszaki rajzokon a hullámosság alakjelével, a hullámosság magasság betűjelével és számértékével, valamint - esetenként - a hullámosság egyéb kiegészítő adatával kell megadni.

A *hullámosság alapjele* az egyenlőtlen szárú nyitott ék, vonalszakasszal. Az alapjelet vékony folytonos vonallal rajzoljuk. Ezt a jelet közvetlenül a felületre rajzoljuk vagy a felülethez nyíllal kapcsolódó mutatóvonalra.

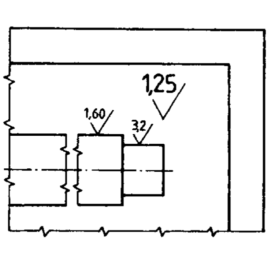
A *hullámosság magasság* mérőszámát a W_z (Waviness) betűjelével együtt a vonalszakasz alá írjuk. A hullámosság magasság számértékét μm-ben adjuk meg (**210. ábra**).



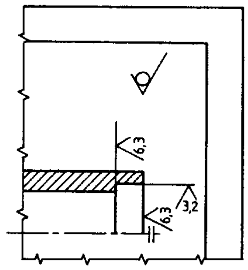
209. ábra



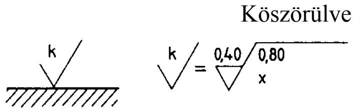
210. ábra



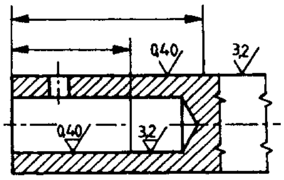
200. ábra



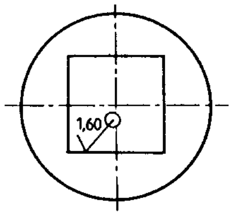
201. ábra



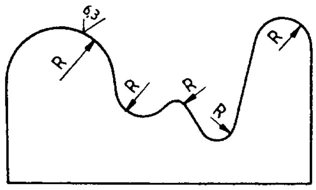
202. ábra



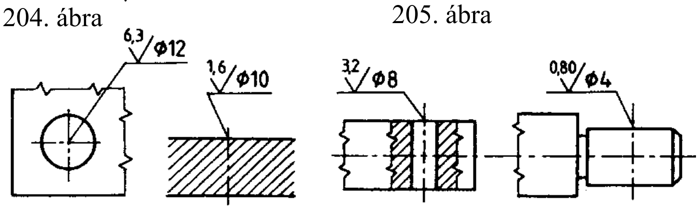
203. ábra



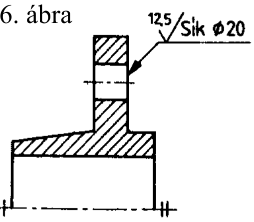
204. ábra



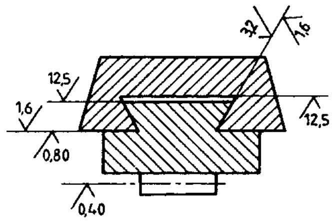
205. ábra



206. ábra

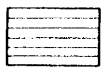
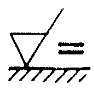
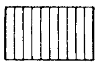
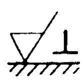
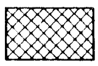
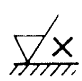
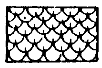
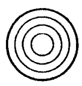
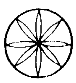
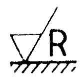
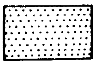
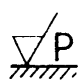


207. ábra



208. ábra

6. táblázat

rajzjele		értelmezése	megadás a rajzon
=		A barázdairány az ábrázolt felület - érdességi jellel ellátott - kontúrvonalával párhuzamos	
⊥		A barázdairány az ábrázolt felület - érdességi jellel ellátott - kontúrvonalára merőleges	
X		A barázdairány az ábrázolt felület - érdességi jellel ellátott - kontúrvonalával ferde, egymást keresztező	
M		A barázdairány a vázlat szerinti - meghatározott irány nélküli - mintázatú	
C		A barázdairány közelítőleg kör alakú a felület középpontjához képest	
R		A barázdairány közelítőleg sugárirányú a felület középpontjához képest	
P		Nem barázdált. A felület egyenetlensége pontszerű bemélyedéseiből adódik (pl. szikraforgácsolt)	

10. Mérettűrés
10.1. A tűrés

Az alkatrészek - rajzon megadott - névleges méretei, szögei, eszményi alakja, méreteik egymáshoz való viszonya a gyakorlatban a leggondosabb megmunkálással sem készíthető el tökéletes pontossággal. A gyakorlatból tudjuk, hogy egy munkadarab mérete vagy alakja bizonyos határok között eltérhet a pontos mérettől. Megelégedhetünk azzal, hogy meghatározzuk, mekkora *méretszóródás* mellett gazdaságos a gyártás, a válogatás és utánmunkálás nélküli szerelhetőség és cserélhetőség.

10.2. A mérettűrés alapfogalmai

A *méret* a hosszúság valamilyen mértékegységben (általában milliméterben) kifejezett számértéke.

A rajzon a méretszámmal megadott méretet *névleges méretnek (N)* nevezzük.

Az alkatrészrajz alapján elkészített munkadarab valóságos méretét pontosan nem is tudjuk megállapítani, mert a mérés eredményét befolyásolják az ún. rendszeres hibák (környezeti tényezők, elsősorban a hőmérséklet ingadozása) és a szubjektív hibák is (pl. a fáradtság).

Az alkatrész *tényleges méretének* egy megengedett hibájú mérőeszközzel mért (észlelt) méretét tekintjük.

A mindenkori követelmény az, hogy a tényleges méret minél jobban közelítse meg a névleges méretet. Ennek érdekében határt szabhatunk a tényleges méret és névleges méret közötti eltérésnek.

*Határméret*nek nevezzük azt a két méretet, amelyek között a tényleges méretnek el kell helyezkednie. Határesetként a tényleges méret megegyezhet a határmérettel is.

A határméreteket úgy kell megállapítani, hogy az alkatrész használhatóságát, működési feltételeit az elkészült alkatrész kielégítse.

A *felső határméret (FH)* a két határméret közül a nagyobb.

Az *alsó határméret (AH)* a két határméret közül a kisebb.

A *közepes méret (M)* a felső és alsó határméret számtani közepe.

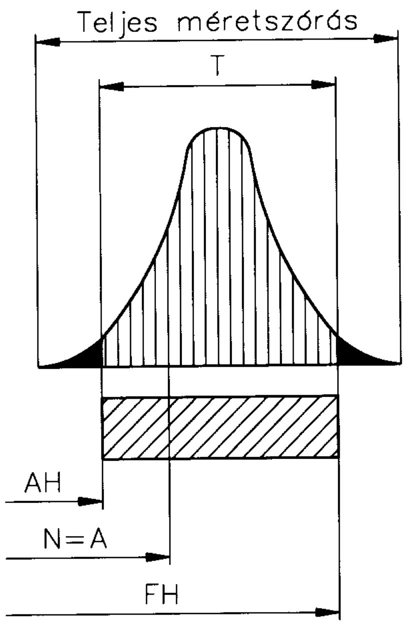
Ha sorozatban gyártott alkatrészek valamelyik méretét több darabon rendre megmérjük, és a mért tényleges méreteket feljegyezzük, majd a mérések eredményét gyakoriság szerint diagramon ábrázoljuk, a **211. ábrához** hasonló alakú görbét kapunk. Ezt a görbét *normális eloszlási görbé*nek vagy Gauss-görbének nevezzük.

Ha az alkatrész rajzán megadott alsó és felső határméretet berajzoljuk a görbébe, látjuk, hogy néhány alkatrész a megengedettnél kisebbre, ill. nagyobbra készült. Ezeket az alkatrészeket tekintjük selejtesnek. A *felső és az alsó határméret különbsége a tűrés (T)*. Ez egyben a méretszórás megengedett nagysága is.   T = FH-AH

Sorozatgyártáskor nincs is szükség arra, hogy a tényleges méretet megállapíthassuk, ehelyett általában határmérő idomszerekkel vagy más módon azt állapítjuk meg, hogy a tényleges méret az előírt határon belül van-e.

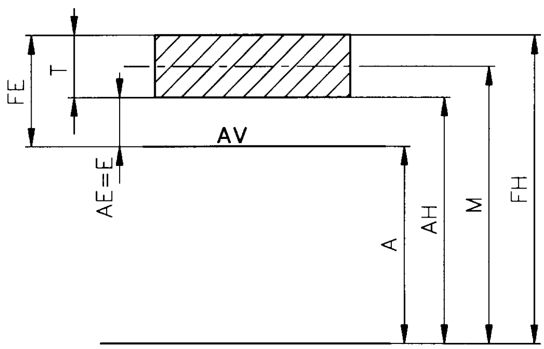
A megmunkálási eljárás során arra kell törekednünk, hogy az elkészült munkadarab tényleges mérete a közepes méretet minél jobban megközelítse.

Az ISO illesztési rendszerben *alapeltérés*en mindig azt a határeltérést értjük, amelyik az alapvonalhoz közelebb helyezkedik el, kisebb az abszolút értéke (**212. ábra**).

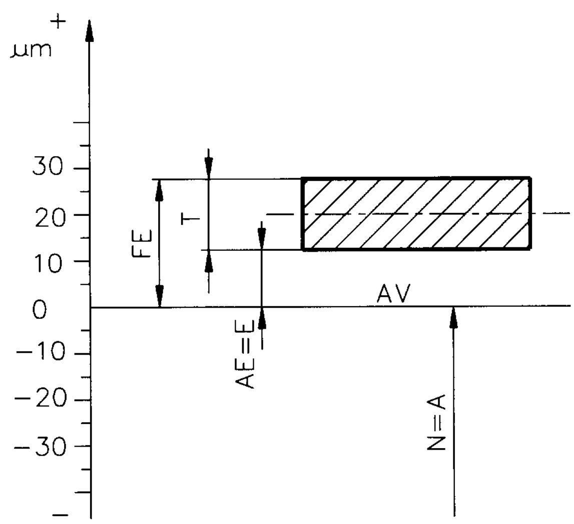


T   tűrésnagyság
AH alsó határméret
FH felső határméret
N=A névleges méret

211. ábra



212. ábra



213. ábra

A gyakorlatban előfordul, hogy az alkatrész tűrését ábrázolni kell. Ilyenkor a természetes méretarány nem használható, csak az eltéréseket ábrázoljuk a célszerűen megválasztott nagyítással.

Ha az alapvonalat vízszintesre rajzoljuk, akkor az alapvonal felett a pozitív, alatta a negatív eltéréseket ábrázoljuk (**213. ábra**).

Az alapvonal a névleges mérettel meghatározott vonal, amely a tűrésmezők ábrázolásában a *0* határeltérésnek felel meg. Az összefüggések szemléltetését **214-215. ábrán** mutathatjuk be.

Mivel a méretszóródás alapvetően befolyásolja az alkatrészek kapcsolódását, ill. működését, ezért a megengedhető méretszóródást a határméretek előírásával meg kell adni. A határméretet a névleges méret és egy előjeles határeltérés együttesével adjuk meg. Az így előírt eltérést *határeltérésnek* nevezzük.

A felső határeltérés (FE) a felső határméret és a névleges méret különbsége: *FE = FH-N*

Az alsó határeltérés (AE) az alsó határméret és a névleges méret közötti különbség: *AE=AH-N.*

A határeltéréseket közvetlenül a névleges méret után írjuk előjelük feltüntetve. A 0 számértékű határeltérést is kiírjuk, természetesen előjel nélkül. A számok írásnagysága egy fokozattal kisebb legyen a névleges méretszám írásnagyságánál. (Számítógéppel készített rajzokon a határeltérések számjegyeinek írásnagysága a névleges mérettel azonos lehet.) A felső határeltérést kell az alsó fölé írni.

Az azonos számértékű, de ellenkező előjelű határeltéréseket ± előjellel és egy számértékkel kell megadni. Ilyenkor a számjegy magassága az alapméret számjegyével azonos.

A névleges méret és a határeltérések együttes megadását *tűrésezett méretnek* nevezzük.

A tűrésezett méret megadására a **216. ábrán** látunk példákat.

10.3. A tűrésmező, a tűrésnagyság és a tűrés elhelyezkedése

A tűrés magában foglalja a méretszóródás megengedett nagyságát, és meghatározza annak helyzetét az alapvonalhoz viszonyítva.

A tűrések ábrázolásakor a névleges méretnek megfelelő vonal az alapvonal. A tűrésmezőt erősen nagyítva rajzoljuk meg.

10.4. Tűrésezetlen méretek pontossága

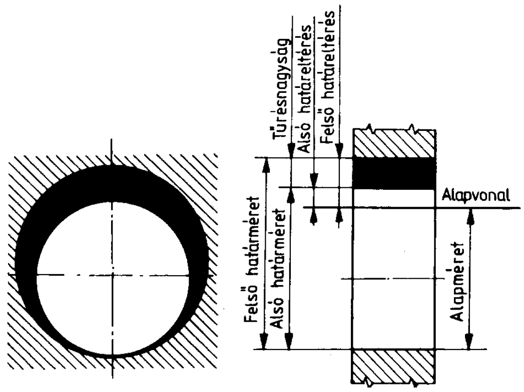
Az alkatrészrajzon a névleges méretekhez gyakran nincs tűrés feltüntetve. Ezek a *Tűrésezetlen méretek.* Az így megadott méretek pontosságát is be kell határolni. Ellenkező esetben tetszőleges méretszóródással készülhetnének az alkatrészek.

A tűrésezetlen méretek méretszóródásának nagysága IT minőségekkel vagy az MSZ ISO 2768-1:1991 szerinti osztályokkal (finom, közepes, durva, nagyon durva) határozható meg. (**7. táblázat**)

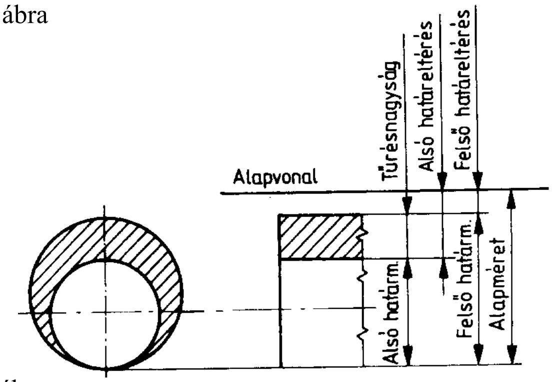
A tűrésezetlen méretek méretpontosságát a műszaki követelményekben adhatjuk meg:

- a változat jele (1, 2, 3, 4) után
- kötőjellel kapcsolva a minőség számjelét (12, 14, 16, 17, amelyek megfelelnek a finom, közepes, durva és nagyon durva minőségének) és
- a vonatkozó MSZ ISO 2768-1:1991 szabványjelzetet. Például: Tűrésezetlen méretek: I-14 MSZ ISO 2768-1:1991

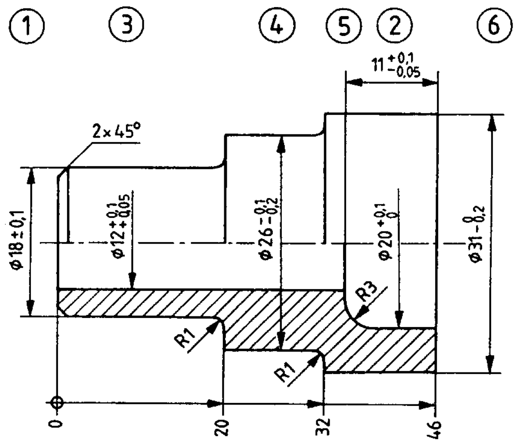
A tűrésezetlen méretek határeltéréseinek megválasztásakor előnyben kell részesíteni az ITl4-es minőséget vagy a közepes minőségi osztályt.



214. ábra



215. ábra



Példa	T	FH	AH
1	0,2	18,1	17,9
2	0,18	11,1	10,95
3	0,05	12,1	12,05
4	0,1	25,9	25,8
5	0,1	20,1	20
6	0,2	31	30,8

216. ábra

7. táblázat

Változat	Csapméret		Lyukméret		Egyéb méret, amely nem tekinthető sem csap sem lyukméretnek
	Körszelvényű	egyéb	Körszelvényű	egyéb	
	Határeltérések az egyes változatokra				
1	-IT		-IT		$\pm\frac{t}{2}$
2	-t		+t		$\pm\frac{t}{2}$
3	$\pm\frac{t}{2}$				
4	-IT	$\pm\frac{t}{2}$	+IT	$\pm\frac{t}{2}$	$\pm\frac{t}{2}$

11. Illesztések

11.1. Az illesztés alapfogalmai

A gépek, szerkezetek alkatrészekből állnak. Ezeket az alkatrészeket gyakran egymástól távol, más-más üzemben állítják e1ő. Ennek ellenére az így elkészített alkatrészeknek utánmunkálás és válogatás nélkül szerelhetőknek kell lenniük. Ezt elsősorban a mérettűrésük megválasztása teszi lehetővé.

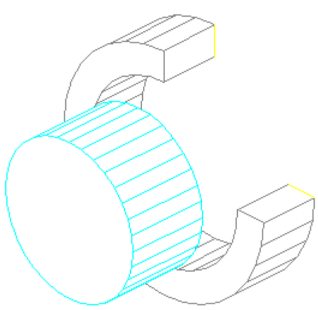
Ha két alkatrészt legyártunk, akkor azok összeszereléskor valahogyan kapcsolódnak egymáshoz. A kapcsolódás az összeszerelés előtti tényleges méretektől függ. A csatlakozó két alkatrész kapcsolódó - összeszerelés előtti - tényleges méretei gyakorlatilag nem azonosak. Ha a furat tényleges mérete nagyobb a csap tényleges méreténél, akkor *játék*ról, ha a furat tényleges mérete kisebb a csap tényleges méreténél, akkor *fedés*ről beszélünk. A tényleges méretek különbségéből adódó játékot vagy fedést *illeszkedés*nek nevezzük (**217. ábra**).

Az *illesztés* két azonos alapméretű alkatrész csatlakozásának a jellege, amely meghatározza a kapcsolódó alkatrészek közötti játék vagy fedés nagyságát.

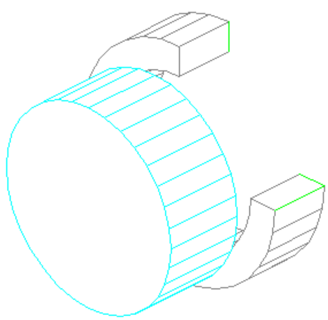
Az *illesztés jellege* két kapcsolódó, tűréssel egymáshoz rendelt alkatrész közepes méretének a különbsége. Jellemzője a *közepes játék* vagy a *közepes fedés* (**218. ábra**).

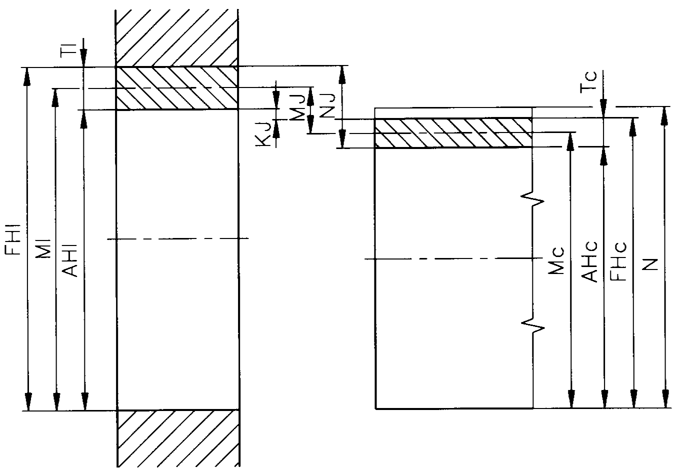
A közös alapméretű alkatrészek tűrésmezőinek nagysága és helyzete háromféle illesztést hozhat létre: *laza* (**219. ábra**), *átmeneti* (**220. ábra**) és *szilárd* illesztést (**221. ábra**).

Szemléltető kép
a játék értelmezéséhez

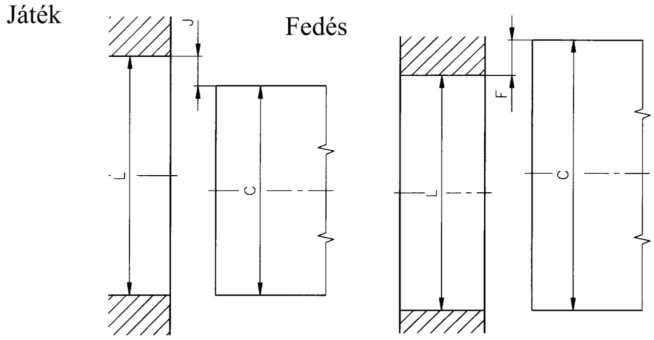


Szemléltető kép
a fedés értelmezéséhez





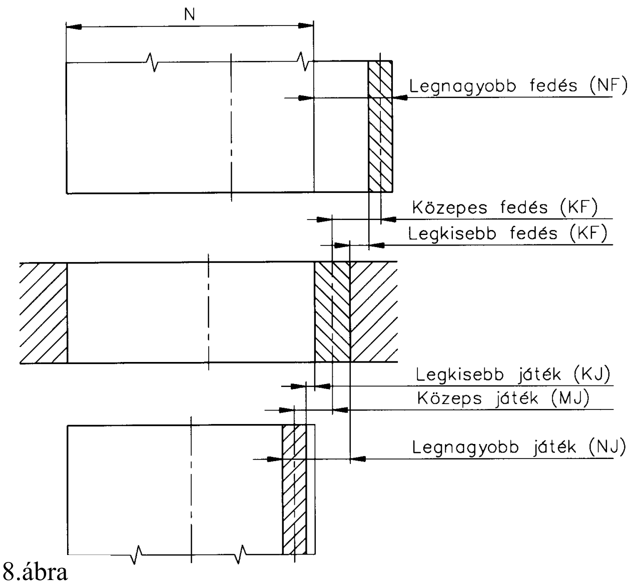
219. ábra



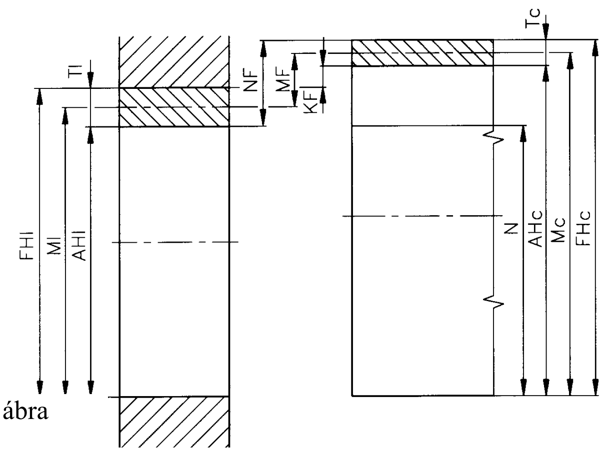
217. ábra

J = L - C
(L > C)

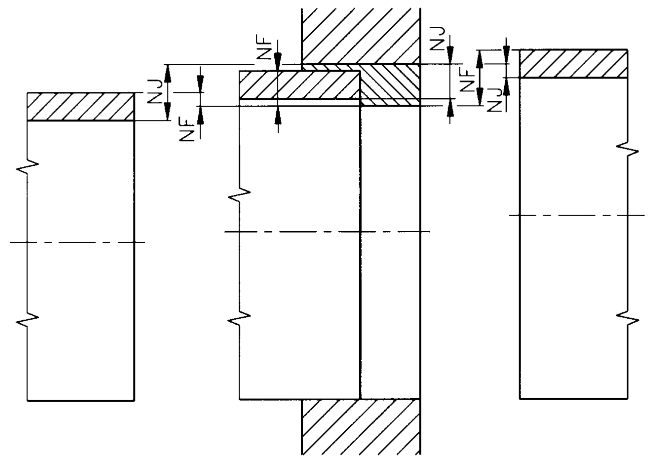
F = C - L
(C > L)



218.ábra



220. ábra



221. ábra

A *laza illesztés* olyan illesztés, amelyben az alkatrészek csak játékkal illeszkedhetnek.

Az *ármeneti illesztés* esetén az alkatrészek akár játékkal, akár fedéssel illeszkedhetnek, de a tényleges méretek szóródása, ill. a kapcsolódó két alkatrész véletlenszerű kiválasztása miatt nem tudjuk előre, hogy melyik eset lép fel. A tűrésmezők reális helyzetéből, ill. a közepes méretek nagyságától függően az átmeneti illesztés közepes játékkal vagy közepes fedéssel jellemezhető.

A *szilárd illesztés* olyan illesztés, amelyben az alkatrészek mindig fedéssel illeszkednek.

11.2. Az egységes tűrés- és illesztési rendszer felépítése

Egy tűrés egyértelmű megadásához a tűrés nagysága mellett meg kell határozni az alapvonalhoz viszonyított helyzetét is. *Tűrésrendszeren* a nagyságukkal és helyzetükkel meghatározott szabványos tűrések tervszerű sorozatát értjük.

11.2.1. Alapeltérések

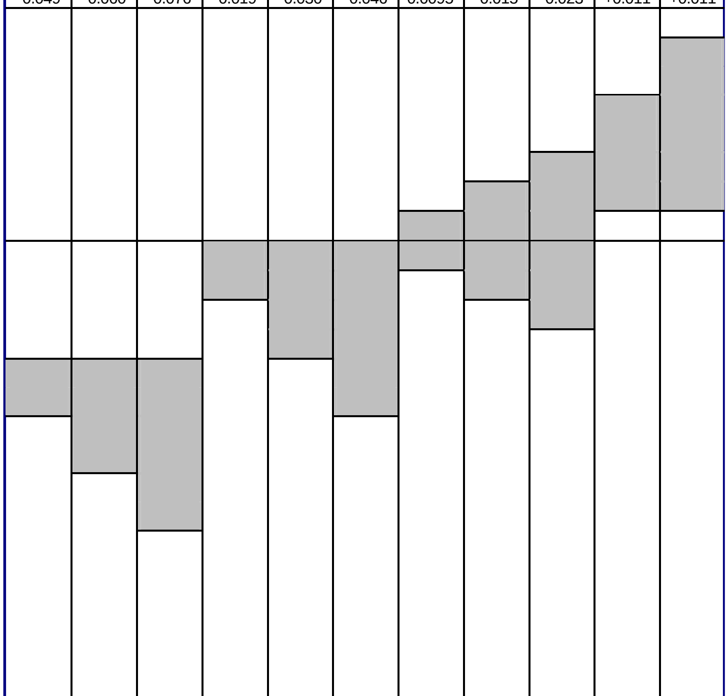
A tűrésmező alapvonalhoz viszonyított helyzetének meghatározásához az alapvonalhoz közelebb eső határeltérést használjuk, és ezt *alapeltérés*nek nevezzük (**222. ábra**). Csapok alapeltérés sorozatát a **223. ábra**, lyukak alapeltérés sorozatát a **224. ábra** mutatja. A *csaptűrések jelölésére kisbetűt, a lyuktűrések jelölésére nagybetűt* használunk.

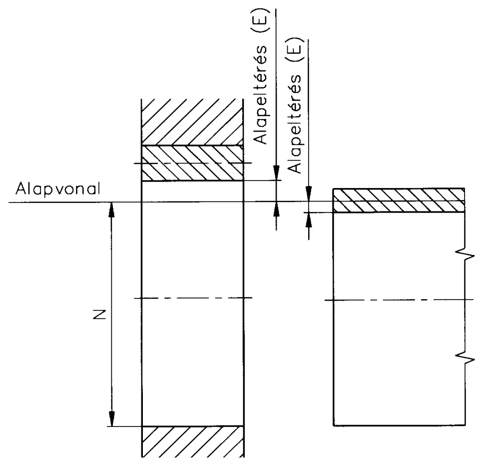
Ez az eltérés a tűrés nagyságától függetlenül állandó értékű (**8. táblázat**). Ez a *h* és *H* esetében 0 értékű (**225**, **226. ábra**), j_s-nél pedig -T/2 értékű. (Ez abból következik, hogy a h-nál előjelváltás történik.)

J_s - nél a +T/ 2 -t tekintjük alapeltérésnek.

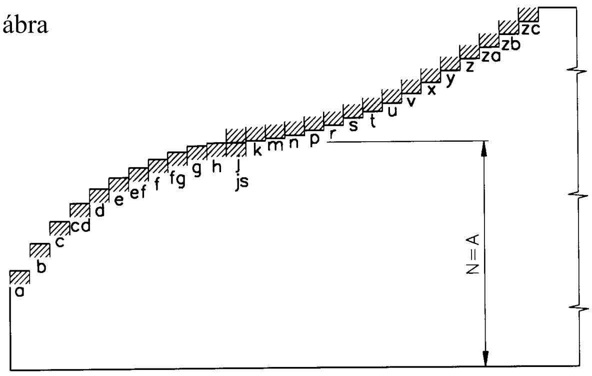
8. táblázat

f			h			j_s			m	
6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7
-0.030 -0.049	-0.030 -0.060	-0.030 -0.076	0 -0.019	0 -0.030	0 -0.046	+0.0095 -0.0095	+0.015 -0.015	+0.023 -0.023	+0.030 +0.011	+0.041 +0.011

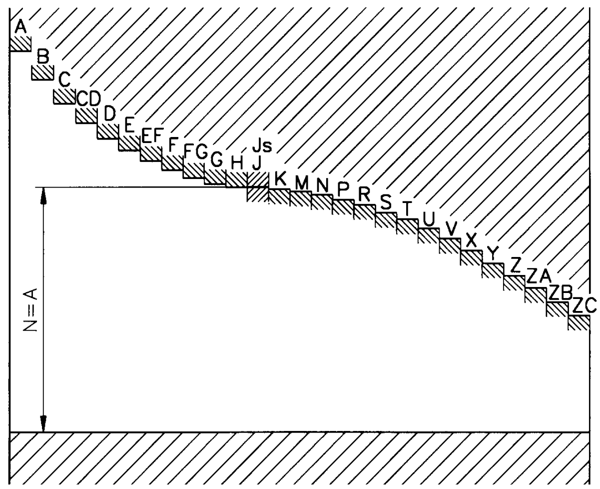




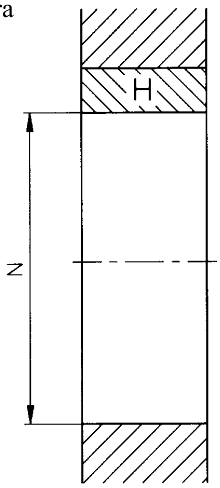
222. ábra



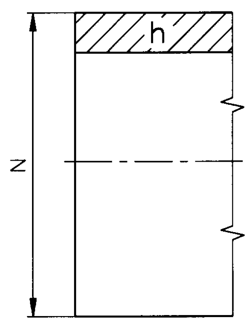
223. ábra



224. ábra



225. ábra



226. ábra

11.2.2. Illesztési rendszerek

Az illesztési rendszer a tűrésrendszer lyuk- és csaptűrései tervszerű párosításának összessége.

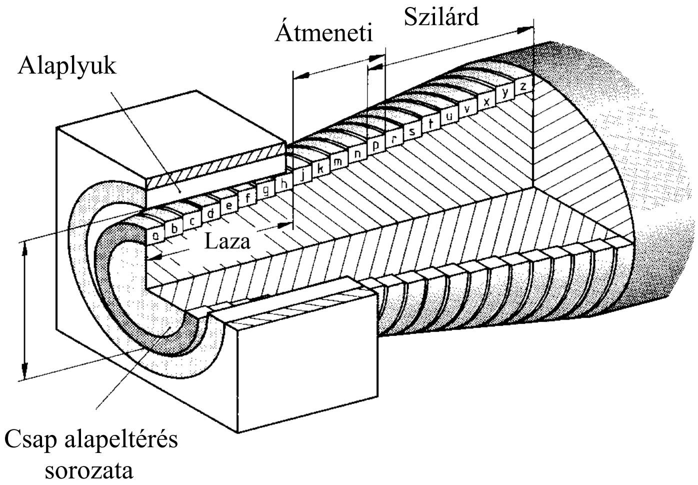
A gyakorlatban alkalmazott illesztési igényeknek megfelelően a különböző nagyságú és helyzetű tűrések sorozatát megállapították, és azok számértékeit táblázatba foglalták. A párosításban az egyik elem tűrése úgy választható, hogy a másik helyzete állandó. Az illesztési rendszer az alapvonalhoz csatlakozó tűrésmezejű (H; h) tűréseket veszi alapnak.

Az illesztés különböző jellegét a másik alkatrész tűrésmezeje helyzetének megválasztásával kell meghatározni. Így az alap megválasztásától függően két rendszer jön létre, az *alaplyuk rendszer* (**227. ábra**) és az *alapcsap rendszer* (**228. ábra**).

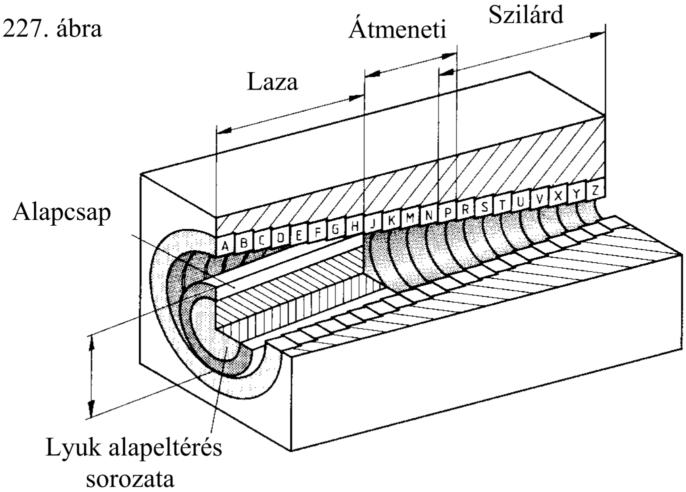
A laza illesztésű csapok alapeltérésének betűjelei a H alapeltérésű lyukhoz viszonyítva a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g és h; a laza illesztésű lyukaké pedig a h alapeltérésű csaphoz viszonyítva A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG és H jelű lehet.

Az átmeneti illesztésű csapok alapeltéréseit az alaplyuk rendszer alkalmazása esetén a j_s, j, k, m, n betűk, míg az átmeneti illesztésű lyukak alapeltéréseit az alapcsap rendszer alkalmazása esetén a J_s , J, K, M, N betűk jelölik.

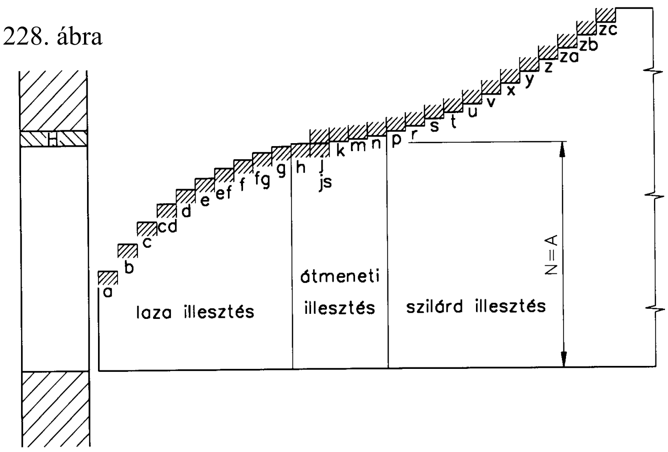
A *H* furathoz választott szilárd illesztésű csapok alapeltéréseit a p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc betűk, míg a *h* csaphoz választott szilárd illesztésű lyukak alapeltérését a P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC betűk jelölik (**229-230. ábra**).



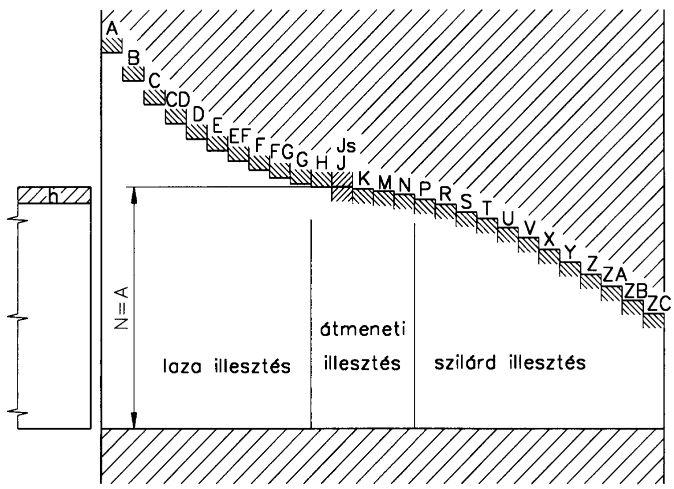
227. ábra



228. ábra



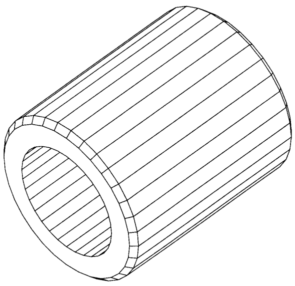
229. ábra

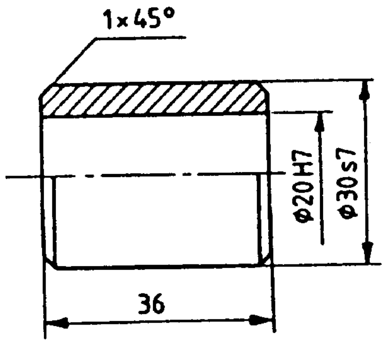


230. ábra

A gyakorlatban mindkét rendszerre szükség van, de az *alaplyuk rendszert előnyben kell részesíteni*.

A szabványos tűrés- és illesztési rendszerhez tartozó csap- és lyuktűréseket a **231. ábra** szerint írjuk elő a rajzon.





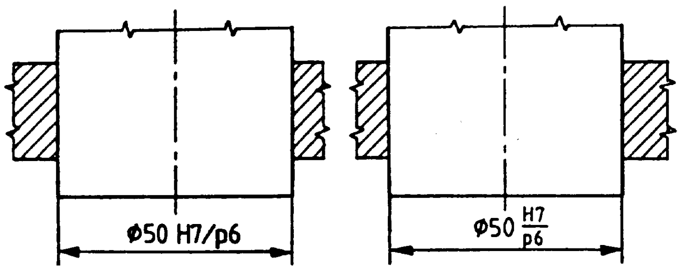
∅20H7	+0,021 0
∅20s7	+0,056 +0,035

231. ábra

11.2.3. Az illesztés jelölése

Az egyberajzolt illeszkedő felületek illesztése megadható tört alakban úgy, hogy a számlálóban a lyuk, nevezőben a csap tűrése szerepel (**232. ábra**).

Lehetséges a tűrésmegadás azonosító felirattal is, ekkor az alapméretek előtt rövid feliratot kell elhelyezni, amely egyértelművé teszi, hogy a tűrések melyik alkatrészre vonatkoznak (**233. ábra**).

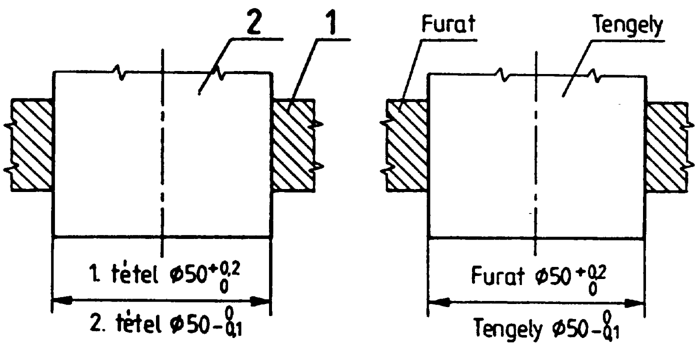


232. ábra

11.2.4. A tűrésezett méretek és a felületi érdesség összefüggése

Az egyes minőségi fokozatoknak megfelelő tűrések megvalósítása a felületi érdességgel összefügg. Például kis tűréseket durva megmunkálással nem célszerű készíteni, mert a felület kopása az alkatrész összeszerelés előtti játékát (fedését) jelentősen megváltoztathatja. A gyakorlat azt mutatja, hogy a különböző megmunkálási módszerekkel gazdaságosan előállítható tűrés nagysága $T \approx (8...10)R_z$.

A **9. táblázat** a különböző felületi érdességek és a tűrésnagyság közötti összefüggést tartalmazza, a **10. táblázat** pedig azt, hogy forgács nélküli alakítással, ill. **11. táblázat** szerint darabolással és forgácsolással az átlagos érdesség különböző fokozatait milyen megmunkálással lehet elérni, a különleges, általános és durva gyártási feltételek esetén.



233. ábra

14.3. Csap- és lyuktűrések táblázata

Az 1...500 mm-es mérettartomány számára az ajánlott illesztés választékot alaplyuk rendszerben a **12. táblázat**, alapcsap rendszerben a **13. táblázat** tartalmazza.

Az illesztéshez tartozó szabványos csaptűrések határeltéréseit a **14. táblázat**, a szabványos lyuktűrések határeltéréseit a **15. táblázat** tartalmazza.

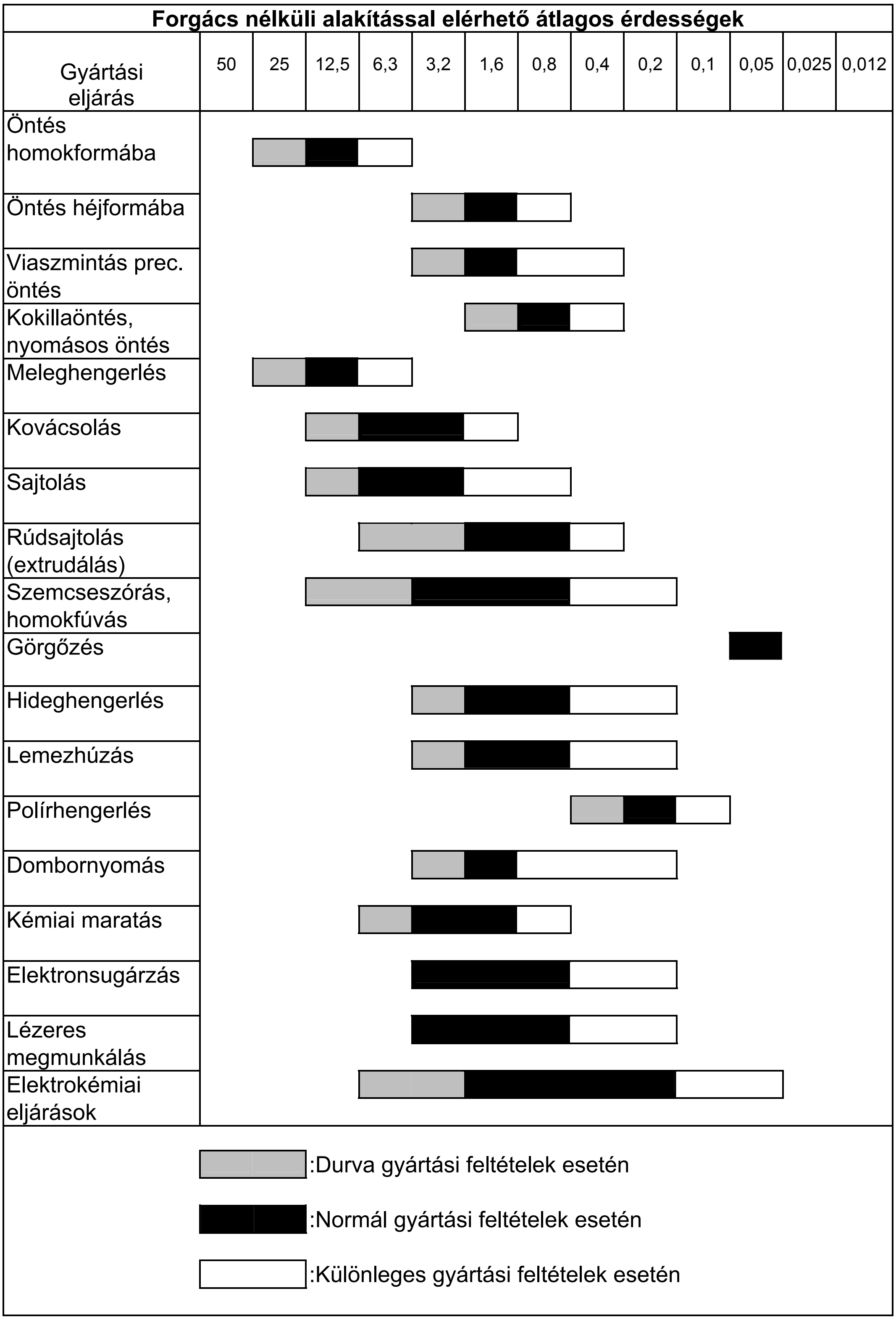
A táblázatok a szabványos tűréseket a 11. és 12. táblázatban ajánlott illesztés választéknak megfelelően az 1...500 mm mérettartományba eső méretekhez tartalmazzák.

Az egyes minőségekhez tartozó oszlopokban található, a névleges méretnek megfelelő méretcsoportban a határeltérések számértékét mikrométerben adtuk meg. Ezek határozzák meg az adott méret szabványos tűrését.

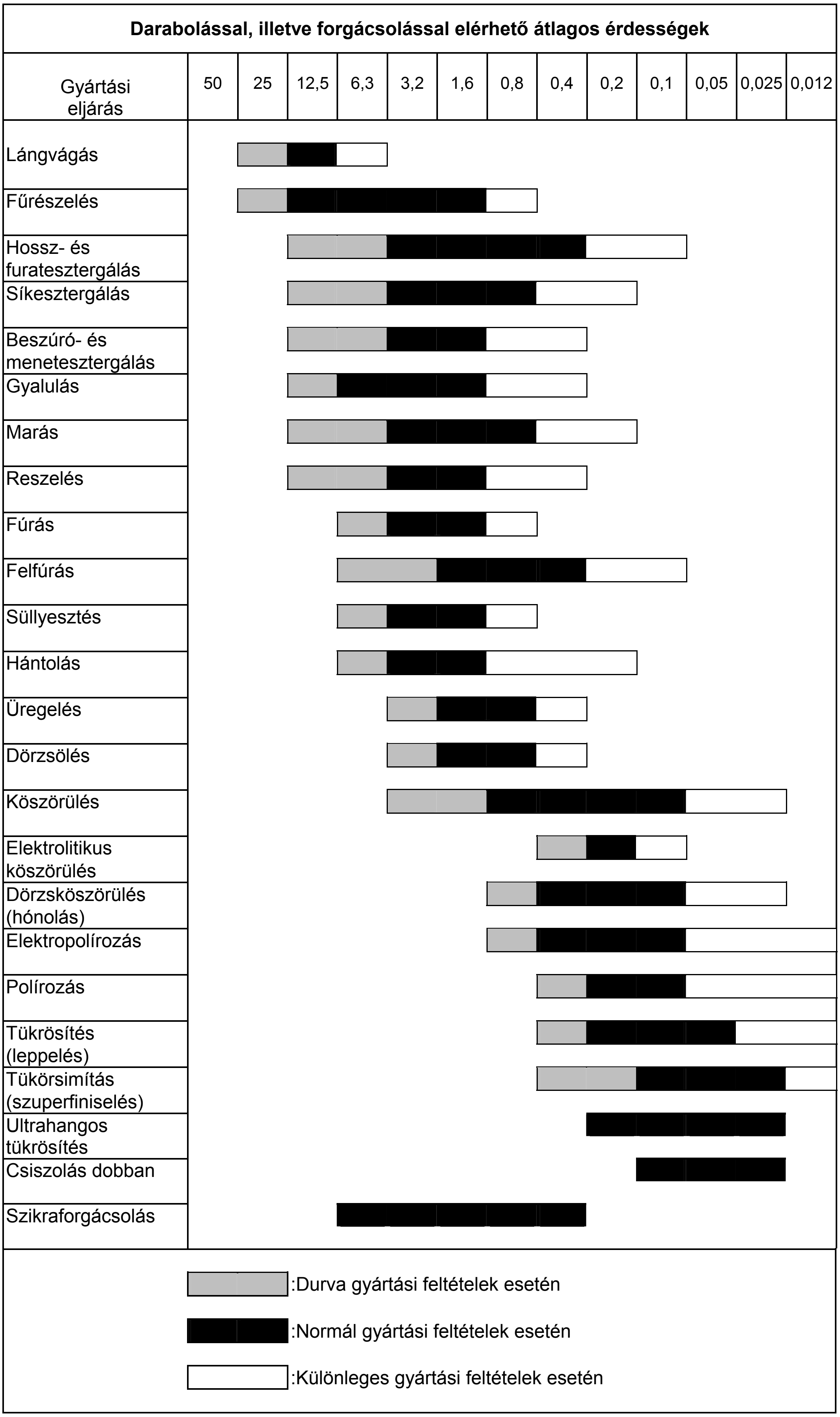
9. táblázat

Összefüggés a tűrésnagyság (T) és a felületi érdesség között																
Felületi érdesség Ra µm	0,012-0,8															
					0,8-6,3											
								0,8-12,5								
											3,2-50					
Tűrés-alapsorozat	IT															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

10. táblázat



11. táblázat


Darabolással, illetve forgácsolással elérhető átlagos érdességek
Gyártási eljárás
50
25
12,5
6,3
3,2
1,6
0,8
0,4
0,2
0,1
0,05
0,025
0,012
Lángvágás
Fűrészelés
Hossz- és furatesztergálás
Síkesztergálás
Beszúró- és menetesztergálás
Gyalulás
Marás
Reszelés
Fúrás
Felfúrás
Süllyesztés
Hántolás
Üregelés
Dörzsölés
Köszörülés
Elektrolitikus köszörülés
Dörzsköszörülés (hónolás)
Elektropolírozás
Polírozás
Tükrösítés (leppelés)
Tükörsimítás (szuperfiniselés)
Ultrahangos tükrösítés
Csiszolás dobban
Szikraforgácsolás
:Durva gyártási feltételek esetén
:Normál gyártási feltételek esetén
:Különleges gyártási feltételek esetén

Ajánlott illesztésválaszték az 1-től 500 mm-ig terjedő mérettartományban. Alap lyukrendszerben

12. táblázat

Az alaplyuk tűrésjele	A csap alapeltérésének betűjele																		
	a	b	c	d	e	f	g	h	j_s	k	m	n	p	r	s	t	u	x	z
	Illesztések																		
H5							H5/g4	H5/h4	H5/j_s4	H5/k4	H5/m4	H5/n4							
H6						H6/f6	H6/g5	H6/h5	H6/j_s5	H6/k5	H6/m5	H6/n5	H6/p5	H6/r5	H6/s5				
H7			H7/c8	H7/d8	H7/e7 H7/e8	H7/f7	H7/g6	H7/h6	H7/j_s6	H7/k6	H7/m6	H7/n6	H7/p6	H7/r6	H7/s6 H7/s7	H7/t7	H7/u7		
H8			H8/c8	H8/d8	H8/e8	H8/f7 H8/f8		H8/h7 H8/h8	H7/j_s7	H8/k7	H8/m7	H8/n7			H8/s7		H8/u8	H8/x8	H8/z8
				H8/d9	H8/e9	H8/f9		H8/h9											
H9				H9/d9	H9/e8 H9/e9	H9/f8 H9/f9		H9/h8 H9/h9											
H10				H10/d10				H10/h9 H10/h10											
H11	H11/a11	H11/b11	H11/c11	H11/d11				H11/h11											
H12		H12/b12						H12/h12											

Ajánlott illesztésválaszték az 1-től 500 mm-ig terjedő mérettartományban. Alap csaprendszerben

13. táblázat

Az alapcsap tűrésjele	A lyuk alapeltérésének betűjele																
	A	B	C	D	E	F	G	H	J_s	K	M	N	P	R	S	T	U
	Illesztések																
h4							G5/h4	H5/h4	J_s5/h4	K5/h4	M5/h4	N5/h4					
h5						F7/h5	G6/h5	H6/h5	J_s6/h5	K6/h5	M6/h5	N6/h5	P6/h5				
h6				D8/h6	E8/h6	F7/h6 F8/h6	G7/h6	H7/h6	J_s7/h6	K7/h6	M7/h6	N7/h6	P7/h6	R7/h6	S7/h6	T7/h6	
h7				D8/h7	E8/h7	F8/h7		H8/h7	J_s8/h7	K8/h7	M8/h7	N8/h7					U8/h7
h8				D8/h8 D9/h8	E8/h8 E9/h8	F8/h8 F9/h8		H8/h8 H9/h8									
h9				D9/h9 D10/h9	E9/h9	F9/h9		H8/h9 H9/h9 H10/h9									
h10				D10/h10				H10/h10									
h11	A11/h11	B11/h11	C11/h11	D11/h11				H11/h11									
h12		B12/h12						H12/h12									

11. Illesztések

Az alaplyukrendszer tűrés- és illesztésválasztéka MSZ EN 20286-2:1995 14. táblázat

Méret mm	Lyuk	Csap					Lyuk	Csap								
tól-ig	**H5**	h4	js4	k4	m4	n4	**H6**	f6	g5	h5	j_s5	k5	m5	n5	r5	s5
1...3	+4	0	+1,5	+3	+5	+7	+6	-6	-2	0	+2,0	+4	+6	+8	+10	+14
	0	-3	-1,5	0	+2	+4	0	-12	-6	-4	-2,0	0	+2	+4	+14	+18
3...6	+5	0	+2,0	+5	+8	+12	+8	-10	-4	0	+2,5	+6	+9	+13	+20	+24
	0	-4	-2'0	+1	+4	+8	0	-18	-9	-5	-2,5	+1	+4	+8	+15	+19
6...10	+6	0	+2,0	+5	+10	+14	+9	-13	-5	0	+3,0	+7	+12	+16	+25	+29
	0	-4	-2,0	+1	+6	+10	0	-22	-11	-6	-3,0	+1	+6	+10	+19	+23
10...18	+8	0	+2,5	+6	+12	+17	+11	-16	-6	0	+4,0	+9	+15	+20	+31	+36
	0	-5	-2,5	+1	+7	+12	0	-27	-14	-8	-4,0	+1	+7	+12	+23	+28
18...24	+9	0	+3,0	+8	+14	+21	+13	-20	-7	0	+4,5	+11	+17	+24	+37	+44
24...30	0	-6	-3,0	+2	+8	+15	0	-33	-16	-9-	4,5	+2	+8	+15	+28	+35
30...40	+11	0	+3,5	+9	+16	+24	+16	-25	-9	0	+5,5	+13	+20	+28	+45	+54
40...50	0	-7	-3,5	+2	+9	+17	0	-41	-20	-11	-5,5	+17	+34	+43	+2	+9
50...65															+54	+66
	+13	0	+4,0	+10	+19	+28	+19	-30	-10	0	+6,5	+15	+24	+33	+41	+53
65...80	0	-8	-4,0	+2	+11	+20	0	-49	-23	-13	-6,5	+2	+11	+20	+56	+72
															+43	+59
80...100															+66	+86
	+15	0	+5,0	+13	+23	+33	+22	-36	-12	0	+7,5	+18	+28	+38	+51	+71
100...120	0	-10	-5,0	+3	+13	+23	0	-58	-27	-15	-7,5	+3	+13	+23	+69	+94
															+54	+79
120...140															+81	+110
															+63	+92
140...160	+18	0	+6,0	+15	+27	+39	+25	-43	-14	0	+9,0	+21	+33	+45	+83	+115
	0	-12	-6,0	+3	+15	+27	0	-68	-32	-18	-9,0	+3	+15	+27	+65	+100
160...180															+86	+126
															+68	+108
180...200															+97	+142
															+77	+122
200...225	+20	0	+7,0	+18	+31	+45	+29	-50	-15	0	+10,0	+24	+37	+51	+100	+150
	0	-14	-7,0	+4	+17	+31	0	-79	-35	-20	-10,0	+4	+17	+31	+80	+130
225...250															+104	+160
															+84	+140
250...280															+117	+181
	+23	0	+8,0	+20	+36	+50	+32	-56	-17	0	+11,5	+27	+43	+57	+94	+158
280...315	0	-16	-8,0	+4	+20	+34	0	-88	-40	-23	-11,5	+4	+20	+34	+121	+193
															+98	+170
315...355															+133	+215
	+25	0	+9,0	+22	+39	+55	+36	-62	-18	0	+12,5	+29	+46	+62	+108	+190
355...400	0	-18	-9,0	+4	+21	+37	0	-98	-43	-25	-12,5	+4	+21	+37	+139	+233
															+114	+208
400...450															+153	+259
	+27	0	+10,0	+25	+43	+60	+40	+68	-20	0	+13,5	+32	+50	+67	+126	+232
450...500	0	-20	-10,0	+5	+23	+40	0	-108	-47	-27	-13,5	+5	+23	+40	+159	+297
															+132	+252

Az alaplyukrendszer tűrés- és illesztésválasztéka MSZ EN 20286-2:1995 14. táblázat

Méret mm tól-ig	Lyuk	Csap												
	H7	d8	e8	f7	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	s7
1...3	+10 0	-20 -34	-14 -28	-6 -16	-2 -8	0 -6	+3,0 -3,0	+6 0	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	+24 +14
3...6	+12 0	-30 -48	-20 -38	-10 -22	-4 -12	0 -8	+4,0 -4,0	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	+31 +19
6...10	+15 0	-40 -62	-25 -47	-13 -28	-5 -14	0 -9	+4,5 -4,5	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	+38 +23
10...18	+18 0	-50 -77	-32 -59	-16 -34	-6 -17	0 -11	+5,5 -5,5	+12 +1	+18 +7	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+39 +28	+46 +28
18...24 **24...30**	+21 0	-65 -68	-40 -73	-20 -41	-7 -20	0 -13	+6,5 -6,5	+15 +2	+21 +8	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+48 +35	+56 +35
30...40 **40...50**	+25 0	-80 -119	-50 -89	-25 -50	-9 -25	0 -16	+8,0 -8;0	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43	+68 +43
50...65 **65...80**	+30 0	-100 -146	-60 106	-30 -60	-10 -29	0 -19	+9,5 -9,5	+21 +2	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+60 +41 +62 +43	+72 +53 +78 +59	+83 +53 +89 +59
80...100 **100...120**	+35 0	-120 -174	-72 -126	-36 -71	-12 -34	0 -22	+11 -11,0	+25 +3	+35 +13	+45 +23	+59 +37	+73 +51 +76 +54	+93 +71 +101 +79	+106 +71 +114 +79
120...140 **140...160** **160...180**	+40 0	-145 -208	-85 -148	-43 -83	-14 -39	0 -25	+12 -12,5	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+68 +43	+88 +63 +90 +65 +93 +68	+117 +92 +125 +100 +133 +108	+132 +92 +140 +100 +148 +108
180...200 **200...225** **225...250**	+46 0	-170 -242	-100 -172	-50 -96	-15 -44	0 -29	+14 -14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+106 +77 +109 +80 +113 +84	+151 +122 +159 +130 +169 +140	+168 +122 +176 +130 +186 +140
250...280 **280...315**	+52 0	-190 -271	-110 -108	-56 -191	-17 -49	0 -32	+16, -16,0	+36 +4	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+126 +94 +130 +98	+190 +158 +202 +170	+210 +158 +222 +170
315...355 **355...400**	+57 0	-210 -299	-125 -214	-62 -119	-18 -54	0 -36	+18, -18,0	+40 +4	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+144 +108 +150 +114	+226 +190 +244 +208	+247 +190 +265 +208
400...450 **450...500**	+63 0	-230 -327	-135 -232	-68 -131	-20 -60	0 -40	+20, -20,0	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+166 +126 +172 +132	+272 +232 +292 +252	+295 +232 +315 +252

Az alaplyukrendszer tűrés- és illesztésválasztéka — MSZ EN 20286-2: 1995 — 14. táblázat

Méret mm	Lyuk	Csap						Lyuk	Csap				
tól-ig	**H8**	d9	e8	h7	h8	u8	x8	**H11**	a11	b11	c11	d11	h11
1...3	+14 0	-20 -45	-14 -28	0 -10	0 -14	+32 +18	+34 +20	+60 0	-270 -330	-140 -200	-60 -120	-20 -80	0 -60
3...6	+18 0	-30 -60	-20 -38	0 -12	0 -18	+41 +23	+46 +28	+75 0	-270 -345	-140 -215	-70 -145	-30 -105	0 -75
6...10	+22 0	-40 -76	-25 -47	0 -15	0 -22	+50 +28	+56 +34	+90 0	-280 -370	-150 -240	-80 -170	-40 -130	0 -90
10...14	+27 0	-50 -93	-32 -59	0 -18	0 -27	+60 +33	+67 +40	+110 0	-290 -400	-150 -260	-95 -205	-50 -160	0 -110
14...18							+72 +45						
18...24	+33 0	-65 -117	-40 -73	0 -21	0 -33	+74 +41	+87 +54	+130 0	-300 -430	-160 -290	-110 -240	-65 -195	0 -130
24...30						+81 +48	+97 +64						
30...40	+39 0	-80 -142	-50 -89	0 -25	0 -39	+99 +60	+199 +80	+160 0	-310 -470	-170 -330	-120 -280	-80 -240	0 -160
40...50						+109 +70	+136 +97		-320 -480	-180 -340	-130 -290		
50...65	+46 0	-100 -174	-60 -106	0 -30	0 -46	+133 +87	+168 +122	+190 0	-340 -530	-190 -380	-140 -330	-100 -290	0 -190
65...80						+148 +102	+192 +146		-360 -550	-200 -390	-150 -340		
80...100	+54 0	-120 -207	-72 -126	0 -35	0 -54	+178 +124	+232 +178	+220 0	-380 -600	-220 -440	-170 -390	-120 -340	0 -220
100...120						+198 +144	+264 +210		-410 -630	-240 -460	-180 -400		
120...140	+63 0	-145 -245	-85 -148	0 -40	0 -63	+233 +170	+311 +248	+250 0	-460 -710	-260 -510	-200 -450	-145 -395	0 -250
140...160						+253 +190	+343 +280		-520 -770	-280 -530	-210 -460		
160...180						+273 +210	+373 +310		-580 -830	-310 -560	-230 -480		
180...200	+72 0	-170 -285	-100 -172	0 -46	0 -72	+308 +236	+422 +350	+290 0	-660 -950	-340 -630	-240 -530	-170 -460	0 -290
200...225						+330 +258	+457 +385		-740 -1030	-380 -670	-260 -550		
225...250						+356 +284	+497 +425		-820 -1110	-420 -710	-280 -570		
250...280	+81 0	-190 -320	-110 -191	0 -52	0 -81	+396 +315	+556 +475	+320 0	-920 -1240	-480 -800	-300 -620	-190 -510	0 -320
280...315						+431 +350	+606 +525		-1050 -1370	-540 -860	-330 -650		
315...355	+89 0	-210 -350	-125 -214	0 -57	0 -89	+479 +390	+679 +590	+360 0	-1200 -1560	-600 -960	-360 -720	-210 -570	0 -360
355...400						+524 +435	+749 +660		-1350 -1710	-680 -1040	-400 -760		
400...450	+97 0	-230 -385	-135 -232	0 -63	0 -97	+587 +490	+837 +740	+400 0	-1500 -1900	-760 -1160	-440 -840	-230 -630	0 -400
450...500						+637 +540	+917 +820		-1650 -2050	-840 -1240	-480 -880		

11. Illesztések

Az alapcsaprendszer tűrés- és illesztésválasztéka MSZ EN 20286-2: 1995 15. táblázat

Méret mm tól-ig	Csap	Lyuk					Csap	Lyuk							
	h5	H6	J_s6	K6	M6	N6	**h6**	F7	G7	H7	J_s7	K7	M7	N7	P7
1 ...3	0 -4	+6 0	+3,0 -3,0	0 -6	-2 -8	-4 -10	0 -6	+16 +6	+12 +2	+10 0	+5 -5	0 -10	-2 -12	-4 -14	-6 -16
3...6	0 -5	+8 0	+4,0 -4,0	+2 -6	-1 -9	-5 -13	0 -8	+22 +10	+16 +4	+12 0	+6 -6	+3 -9	0 -12	-4 -16	-8 -20
6...10	0 -6	+9 0	+4,5 -4,5	+2 -7	-3 -12	-7 -16	0 -9	+28 +13	+20 +5	+15 0	+7 -7	+5 -10	0 -15	-4 -19	-9 -24
10...18	0 -8	+11 0	+5,5 -5,5	+2 -9	-4 -15	-9 -20	0 -11	+34 +16	+24 +6	+18 0	+9 -9	+6 -12	0 -18	-5 -23	-11 -29
18...24 **24...30**	0 -9	+13 0	+6,5 -6,5	+2 -11	-4 -17	-11 -24	0 -13	+41 +20	+28 +7	+21 0	+10 -10	+6 -15	0 -21	-7 -28	-14 -35
30...40 **40...50**	0 -11	+13 0	+8,0 -8,0	+3 -13	-4 -20	-12 -28	0 -16	+50 +25	+34 +9	+25 0	+12 -12	+7 -18	0 -25	-8 -33	-17 -42
50...65 **65...80**	0 -13	+19 0	+9,5 -9,5	+4 -15	-5 -24	-14 -33	0 -19	+60 +30	+40 +10	+30 0	+15 -15	+9 -21	0 -30	-9 -39	-21 -51
80...100 **100...120**	0 -15	+22 0	+11,0 -11,0	+4 -18	-6 -28	-16 -38	0 -22	+71 +36	+47 +12	+35 0	+17 -17	+10 -25	0 -35	-10 -45	-24 -59
120...140 **140...160** **160...180**	0 -18	+25 0	+12,5 -12,5	+4 -21	-8 -33	-20 -45	0 -25	+83 +43	+54 +14	+40 0	+20 -20	+12 -28	0 -40	-12 -52	-28 -68
180...200 **200...225** **225...250**	0 -20	+29 0	+14,5 -14,5	+5 -24	-8 -37	-22 -51	0 -29	+96 +50	+61 +15	+46 0	+23 -23	+13 -33	0 -46	-14 -60	-33 -79
250...280 **280...315**	0 -23	+32 0	+16,0 -16,0	+5 -27	-9 -41	-25 -57	0 -32	+10 +56	+69 +17	+52 0	+26 -26	+16 -36	0 -52	-14 -66	-36 -88
315...355 **355...400**	0 -25	+36 0	+18,0 -18,0	+7 -29	-10 -46	-26 -62	0 -36	+11 +62	+75 +18	+57 0	+28 -28	+17 -40	0 -57	-16 -73	-41 -98
400...450 **450...500**	0 -27	+40 0	+20,0 -20,0	+8 -32	-10 -50	-27 -67	0 -40	+131 +68	+83 +20	+63 0	+31 -31	+18 -45	0 -63	-17 -80	-45 -108

11. Illesztések

Az alapcsaprendszer tűrés- és illesztésválasztéka — MSZ EN 20286-2:1995

Méret mm	Csap	Lyuk									Csap	Lyuk							
tól-ig	**h7**	D8	E8	F8	H8	Js8	K8	M8	N8	U8	**h8**	D8	D9	E8	E9	F8	F9	H8	H9
1...3	0 -10	34 20	28 14	20 6	14 0	7 -7	0 -14	- -	-4 -18	-18 -32	0 -14	34 20	45 20	28 14	39 14	20 6	31 6	14 0	25 0
3...6	0 -12	48 30	38 20	28 10	18 0	9 -9	5 -13	2 -16	-2 -20	-23 -41	0 -18	48 30	60 30	38 20	50 20	28 10	40 10	18 0	30 0
6...10	0 -15	62 40	47 25	35 13	22 0	11 -11	6 -16	1 -21	-3 -25	-28 -50	0 -22	62 40	76 40	47 25	61 25	35 13	49 13	22 0	36 0
10...18	0 -18	77 50	59 32	43 16	27 0	13 -13	8 -19	2 -25	-3 -30	-33 -60	0 -27	77 50	93 50	59 32	75 32	43 16	59 16	27 0	43 0
18...24 **24...30**	0 -21	98 65	73 40	53 20	33 0	16 -16	10 -23	4 29	-3 -36	-41 -74 -48 -81	0 -33	98 65	117 65	73 40	92 40	53 20	72 20	33 0	52 0
30...40 **40...50**	0 -25	119 80	89 50	64 25	39 0	19 -19	12 -27	5 -34	-3 -42	-60 -99 -70 -109	0 -39	119 80	142 80	89 50	112 50	64 25	87 25	39 0	62 0
50...65 **65...80**	0 -30	146 100	106 60	76 30	46 0	23 -23	14 -32	5 -41	-4 -50	-87 -133 -102 -148	0 -46	146 100	174 100	106 60	134 60	76 30	104 30	46 0	74 0
80...100 **100...120**	0 -35	174 120	126 72	90 36	54 0	27 -27	16 -38	6 -48	-4 -58	-124 -178 -144 -198	0 -54	174 120	207 120	126 72	159 72	90 36	123 36	54 0	87 0
120...140 **140...160** **160...180**	0 -40	208 145	148 85	106 43	63 0	31 -31	20 -43	8 -55	-4 -67	-170 -233 -190 -253 -210 -273	0 -63	208 145	245 145	148 85	185 85	106 43	143 43	63 0	100 0
180...200 **200...225** **225...250**	0 -46	242 170	172 100	122 50	72 0	36 -36	22 -50	9 -63	-5 -77	-236 -308 -258 -330 -284 -356	0 -72	242 170	285 170	172 100	215 100	122 50	165 50	72 0	115 0
250...280 **280...315**	0 -52	271 190	191 110	137 56	81 0	40 -40	25 -56	9 -72	5 -86	-315 -396 -350 -431	0 -81	271 190	320 190	191 110	240 110	137 56	186 56	81 0	-130 0
315...355 **355...400**	0 -57	299 210	214 125	151 62	89 0	44 -44	28 -61	11 -78	-5 -94	-390 -479 -435 -524	0 -89	299 210	350 210	214 125	265 125	151 62	202 62	89 0	140 0
400...450 **450....500**	0 -63	327 230	232 135	165 68	97 0	48 -48	29 -68	11 -86	-6 -103	-490 -587 -540 -637	0 -97	327 230	385 230	232 135	290 135	165 68	223 68	97 0	155 0

11. Illesztések

Az alapcsaprendszer tűrés- és illesztésválasztéka MSZ EN 20286-2: 1995 15. táblázat

Méret mm tól-ig	Csap	Lyuk					Csap	Lyuk				
	h9	D10	E9	F9	H8	P9	**h11**	A11	B11	C11	D11	H11
1...3	0 -25	+60 +20	+39 +14	+31 +6	+14 0	-6 -31	0 -60	+330 +270	+200 +140	+120 +60	+80 +20	+60 0
3...6	0 -30	+78 +30	+50 +20	+40 +10	+18 0	-12 -42	0 -75	+345 +270	+215 +140	+145 +70	+105 +30	+75 0
6...10	0 -36	+98 +40	+61 +25	+49 +13	+22 0	-15 -51	0 -90	+370 +280	+240 +150	+170 +80	+130 +40	+90 0
10...18	0 -43	+120 +50	+75 +32	+59 +16	+27 0	-18 -61	0 -110	+400 +290	+260 +150	+205 +95	+160 +50	+110 0
18...24 24...30	0 -52	+149 +65	+92 +40	+72 +20	+33 0	-22 -74	0 -130	+430 +300	+290 +160	+240 +110	+195 +65	+130 0
30...40	0 -62	+180 +80	+112 +50	+87 +25	+39 0	-26 -88	0 -160	+470 +310	+330 +170	+280 +120	+240 +80	+160 0
40...50								+480 +320	+340 +180	+290 +130		
50...65	0 -74	+220 +100	+134 +60	+104 +30	+46 0	-32 -106	0 -190	+530 +340	+380 +190	+330 +140	+290 +100	+190 0
65...80								+550 +360	+390 +200	+340 +150		
80...100	0 -87	260 +120	+159 +72	+123 +36	+54 0	-37 -124	0 -220	+600 +380	+440 +220	+390 +170	+340 +120	+220 0
100...120								+630 +410	+460 +240	+400 +180		
120...140	0 -100	+305 +145	+185 +85	+143 +43	+63 0	-43 -143	0 -250	+710 +460	+510 +260	+450 +200	+395 +145	+250 0
140...160								+770 +520	+530 +280	+460 +210		
160...180								+830 +520	+560 +310	+480 +230		
180...200	0 -115	+355 +170	+215 +100	+165 +50	+72 0	-50 -165	0 -290	+950 +660	+630 +340	+530 +240	+460 +170	+290 0
200...225								+1030 +740	+670 +380	+550 +260		
225...250								+1110 +820	+710 +420	+570 +280		
250...280	0 -130	+400 +190	+240 +110	+186 +56	+81 0	-56 -186	0 -320	+1240 920	+800 +480	+620 +300	+510 +190	+320 0
280...315								+1370 +1050	+860 +540	+650 +330		
315...355	0 -140	+440 +210	+265 +125	202 +62	+89 0	-62 -202	0 -360	+1560 1200	+960 600	+720 +360	+570 +210	+360 0
355...400								+1710 +1350	+1040 +680	+760 +400		
400...450	0 -155	+480 +230	+290 +135	+223 +68	+97 0	-68 -223	0 -400	+1900 +1500	+1160 +760	+840 +440	+630 +230	+400 0
450....500								+2050 +1650	+1240 +840	+880 +480		

12. Felvételi vázlatkészítés

A gépek, készülékek berendezések és alkatrészeik tervezői műszaki gondolataikat először szabadkézi vázlatban rögzítik. Meglevő alkatrészekről is készíthetünk *felvételi vázlat*ot.

A felvételi vázlaton a géprajz szabályait betartjuk, bár szabadkézzel rajzolunk. A felvételi vázlat a gépalkatrész szerkesztésének terve.

12.1. A vázlatkészítés menete

A vázlatkészítés első lépése: megvizsgálni az alkatrész szerepét a szerkezetben és kapcsolatát a csatlakozó alkatrészekhez. Ez a vizsgálódás támpontot ad az igénybevételről, a csatlakozó méretekről stb. Az alkatrész szerepét tehát először működési és elkészítési szempontból vizsgáljuk.

A második lépésben az alkatrészt geometriai, formai szempontból vizsgáljuk. A gépalkatrészek formájának és tagoltságának változatossága igen nagy. Egyszerű, kevésbé tagolt alkatrészek vázolását célszerű a befoglaló formából kiindulva végezni. A befoglaló formából csonkítással készült vázlatok esetén a gyártás lépéseit is követhetjük. A bonyolultabb, erősen tagolt alkatrészek vázlatát a részletekből felépítve készíthetjük el.

12.2. Lebontó vázlatkészítés

Első lépésben tanulmányozzuk az alkatrész szerepét és helyét a szerkezetben. Ezután elemezzük a tárgyat formai szempontból: milyen mértani testekből épül fel, milyen megmunkálásokkal készíthető el? Melyek a tárgy fő arányai?

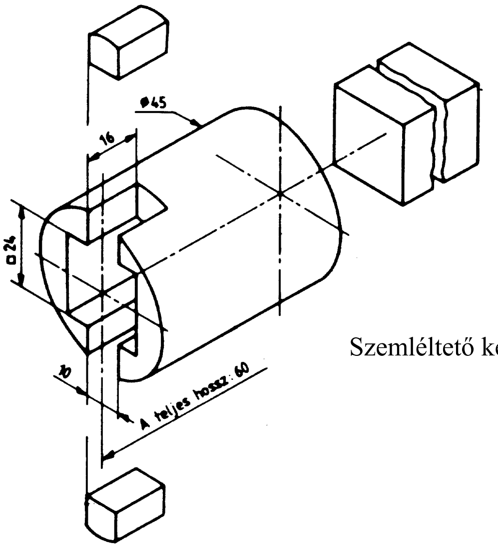
Az **234. ábra** a vázolást megelőző képzeletbeli lebontást szemlélteti.

12.3. Felépítő vázlatkészítés

A vázlatkészítést bonyolult tagoltságú alkatrész esetében célszerű a részletekből felépítve végezni. Az ilyen alkatrészek általában öntéssel, kovácsolással, hegesztéssel stb. készülnek.

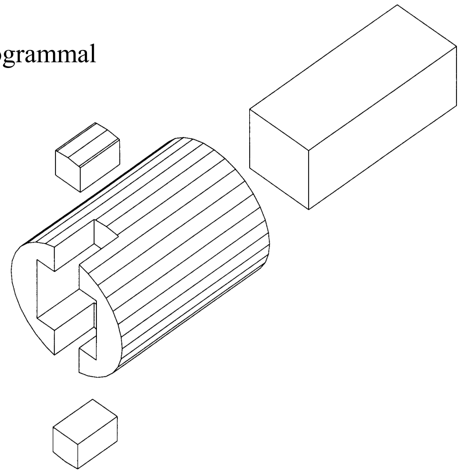
Itt is vizsgáljuk meg először az alkatrész szerepét a szerkezetben, majd a forma alakját és arányait.

A részletekből felépített vázolás alapja a tárgy építőelemekre bontása (**235. ábra**).

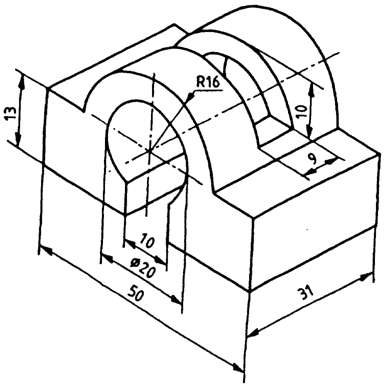


Szemléltető kép

AutoCAD programmal készített

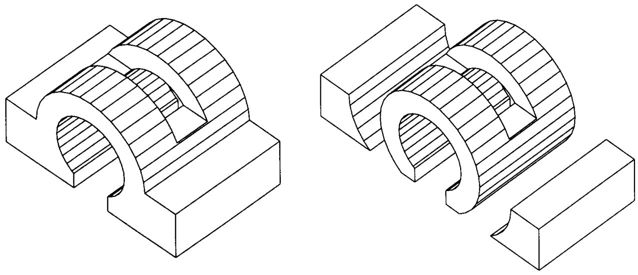


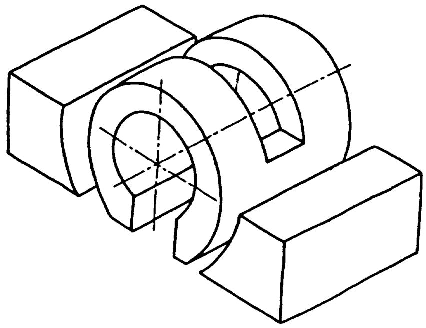
234. ábra



a) Szemléltető kép

AutoCAD programmal készített szemléltető kép





b)

235. ábra

12.4. A vázlatkészítés lépései

A befoglaló formából kiinduló (lebontó) vázlat készítését a következő lépések alapján végezzük:

1. Megállapítjuk, hogy az alkatrésznek melyik a legjellemzőbb (legtöbb információt hordozó) képe. Ezt választjuk elölnézetnek, ill. főábrának.
2. Meghatározzuk a szükséges vetületek számát és elhelyezését. (Esetleg a különleges ábrázolási módokat.)
3. Döntésünk alapján megrajzoljuk az egyes vetületek középvonalát vagy alapvonalát.
4. Vázoljuk a befoglaló idomokat
   a) lebontó vázlatkészítésnél ez a kiinduló alak vázolása,
   b) felépítő vázlatkészítésnél az építő elemek alakjának vagy kiinduló alakjának vázolása.
5. Vázoljuk a részformákat, ill. a részleteket.
   A részformák vázolásakor igyekezzünk követni a megmunkálás sorrendjét.
6. Ellenőrizzük az elkészült, halvány vékony vonalakkal megrajzolt vázlat arányait, és ha helyesek, kihúzzuk őket. A metszett felületek vonalzatát vékony vonallal megrajzoljuk.
7. Az átgondolt gyártási sorrendnek megfelelően elkészítjük a mérethálózatot, természetesen a méretekkel, méret- és helyzettűrésekkel, felületi érdességgel együtt.
8. A rajzra rávezetjük a szükséges műszaki követelményeket, az egyéb szöveges utasításokat, a méretarányt, az anyagminőséget, a vetítési módot kifejező jelképet.
9. A kész vázlatot ellenőrizzük.

A vázlatokról általában szerkesztett alkatrészrajzot készítünk, ezért ügyelni kell arra, hogy már a vázoláskor is tiszta, gondos és pontos munkát végezzünk!
A **236. ábrán** példákat látunk a vázlatkészítés menetére.

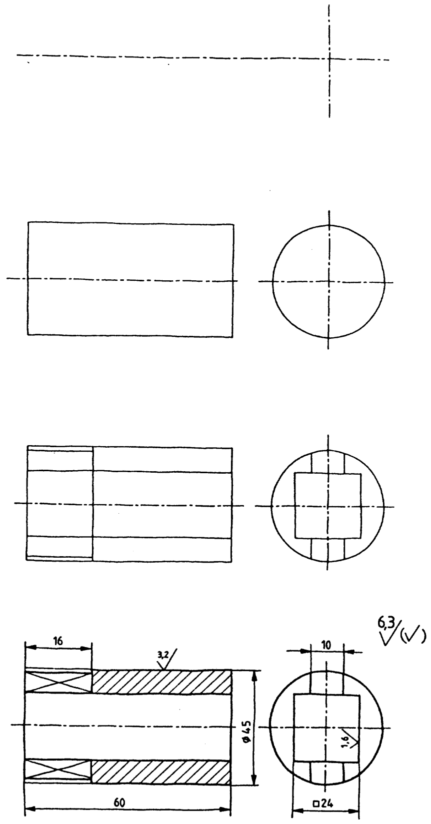
12.5. Alkatrészrajz készítés

12.5.1. Alapfogalmak

A gépészeti célú rajz legtöbbször valamilyen ipari termék elkészítéséhez szolgáló dokumentáció része. Ez a rajzi- vagy kivitelezési dokumentáció általában nem csak rajzokat tartalmaz, hanem leírásokat, valamint jegyzékeket is. Indokolt tehát, hogy a rajzolás szabályain túl, foglalkozzunk a kivitelezési dokumentáció egyéb vonatkozásaival is.

12.5.2. A műhelyrajz formái

A gépészeti gyakorlatban néhány kivételtől eltekintve minden alkatrészről külön alkatrészrajz készül. A szerelt egységekről és gyártmányokról pedig összeállítási rajz készül. Nem kell külön alkatrészrajzot készíteni az alábbi esetekben:
a) a készen beszerezhető, állami szabványban vagy katalógusban meghatározott termékről (pl. kötőelemek, csapágyak,);
b) olyan egyszerű alkatrészekről, amelyeket három egymásra merőleges méret, vagy a szelvény és a hosszméret egyértelműen meghatároz (pl. hengerelt szelvény, cső);
c) egyedi gyártásban a helyszínen megállapított méretű alkatrészről (pl. hűtőcső);
d) más gyártmányból átvett alkatrészről, szerelési egységről, amennyiben annak rajzát másolatban csatoljuk.



236. ábra

12.5.3. A rajzok feliratai

Minden műhelyrajzot feliratmezővel kell ellátni. A feliratmező beosztására a szabvány csak ajánlást ad.
A feliratmező rovatai tartalmazzák a rajz azonosítására szolgáló adatok (vállalat, rajzszám, esetleg régi rajzszám, több lapból álló rajz esetében a lapok darabszáma és a lap sorszáma);
A feliratmezőt a rajzlapra rá lehet pecsételni, vagy előre a rajzlapra nyomtatni.
A feliratmezőhöz csatlakozhat a darabjegyzék, ami alkatrészrajzon egy tétellel, összeállítási rajzon több tétellel szerepel. A feliratmező és darabjegyzék megnevezés rovatában az alkatrész neve lehető rövid legyen, elemekhez való kapcsolatra nem kell utalni.
Szabványos terméket a szabványban meghatározott megnevezéssel (esetleg szabványos rövidítve) kell megadni.
Az anyag rovatba vagy a kiinduló anyag kerül, vagy pedig a kész állapotra való utalás (pl. a csavarok anyagjelölését).
Az eredeti rajzon történt utólagos változtatásokat a szövegmezőhöz csatolt rajzváltozási mezőben rögzíteni kell.

12.5.4. Rajz- és rajzszámrendszer

A gyártmányok rajzainak kezelése egyértelmű és könnyen áttekinthető rendszerezést kíván. Ezt a célt szolgálja a rajzoknak bizonyos előre lefektetett elvek szerinti csoportosítása.
A gyártmány rajzainak csoportosításakor kétféleképpen lehet eljárni:
A bontó rajzolási rendszerben a gyártmányt rendszerezés céljából szerkezeti (szerelési; működési) egységekre bontjuk.
Az összerakó rajzszámozási rendszer alkalmazása akkor lehet indokolt, ha a szerkesztő sok meglévő elemből építi fel a gyártmányt.

13. Csavarok, csavarkötések

A gépszerkezetek egyik leggyakrabban alkalmazott eleme a csavarból és csavaranyából (orsómenetből és anyamenetből) álló elempár.

13.1. Csavarvonal, csavartest, csavarmenet

A csavarmenetet a térben csavarmozgást végző pont írja le. A mozgó pont (p1.menetmetsző éle) egyrészt egyenletes körmozgást végez, másrészt ezzel egyidejű a körmozgás síkjára merőleges irányban egyenletesen haladó mozgást. Ebből következik, hogy a csavarvonal körhenger palástján helyezkedik el. A 2π szögelfordulás alatt a tengely irányában megtett P elmozdulás a menetmagasság ún. menetemelkedés. A csavarvonal hengerének palástját kiterítve a csavarvonalból egyenes lesz (**237. ábra**).

A csavarvonal α emelkedési szöge állandó. Az emelkedési szöget a menetmagasság - menetemelkedés - és henger kerülete határozza meg.

$$tg\alpha = \frac{P}{d \cdot \pi}$$

Csavarfelületet úgy állíthatunk elő, hogy egy henger palástján valamilyen egyszerű síkidomot - háromszöget trapézt stb.- úgy viszünk körül, hogy a hengert állandó fordulatszámmal forgatjuk, s közben a csavar profilját meghatározó síkidomot állandó sebességgel tengely-irányban mozgatjuk. Ilyen mozgást pl. esztergán lehet előállítani (**238. ábra**)

A csavarfelületet leíró síkidom lehet háromszög, szimmetrikus trapéz, trapezoid, vagy állhat körívekből. Ettől függően a menet neve *éles-, trapéz-, fűrész- vagy zsinórmenet.*

Élesmenetet rendszerint kötőcsavarokon alkalmazunk. Mozgásátvitelre trapézmenetű, nagy erők esetén a fűrészmenetű csavarokat használjuk. Korrózióveszély esetén a zsinórmenet alkalmas.

A csavarmenet jellemző méreteit a **239. ábra** szemlélteti.

A gyakorlatban rendszerint jobbmenetű csavarokat használunk, de előfordulnak balmenetűek is.

Jobbmenetű a csavar akkor, ha a csavar az anyában az óramutató járásával egyező irányban forgatva tőlünk távolodik.

Balmenetű a csavar akkor, ha a csavart az anyában az óramutató járásával egyező irányban forgatva felénk közeledik.

Kétbekezdésű menetet kapunk, ha két, egymás mellé helyezett, egybevágó síkidomot viszünk a menet hengerén körül egy fordulattal úgy, hogy a menetemelkedés a két szelvény együttes tengelyirányú méretével egyezzék.

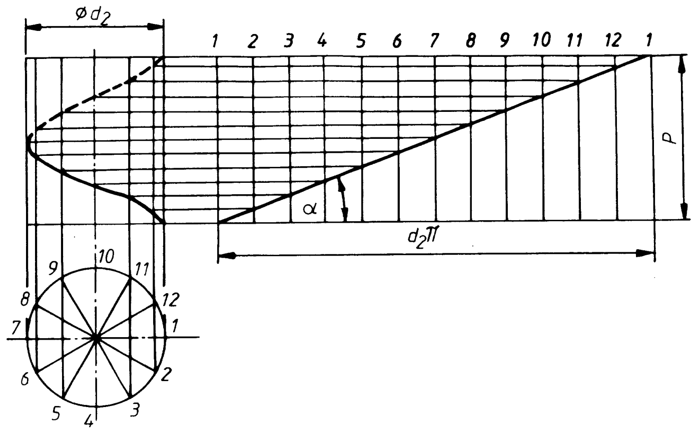
Több-bekezdésű menetet a kétbekezdésű menethez hasonló módon készítünk. Annyi egybevágó síkidomot helyezünk egymás mellé, ahány bekezdést akarunk készíteni, és a menetemelkedést akkorára választjuk, amennyi az egymás mellé helyezett szelvények együttes tengelyirányú mérete.

Orsómenetet hengerfelület külső felületére készítünk.

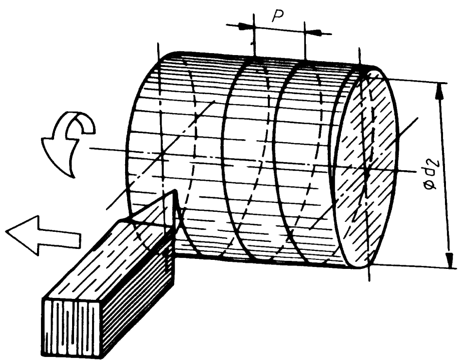
Anyamenetről akkor beszélünk, ha a menet hengeres furat belső felületére készül. A csavarorsó és a csavaranya összetartozó ellenpár, azonos méret esetén összecsavarhatók.

Métermenet (metrikus menet) a leggyakoribb menetfajta. A métermenetű orsó jellegzetessége a 60°-os szelvényszög, a lekerekített menettő, a hengerfelülettel tompított menetcsúcs.

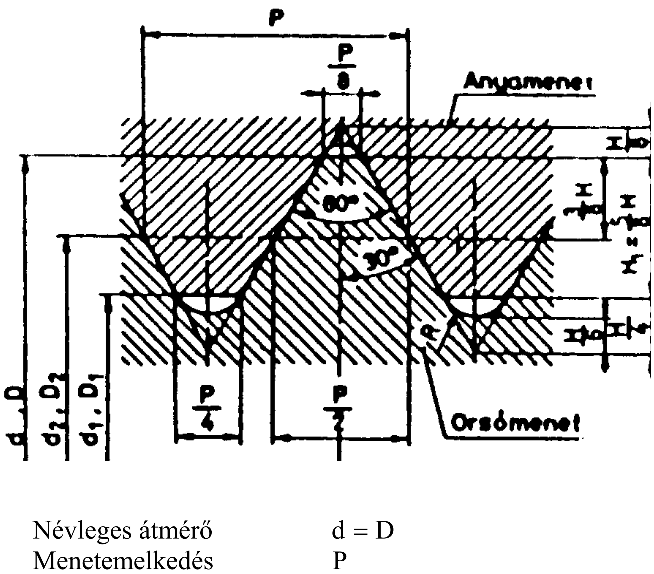
Csavarmenetek összefoglaló jelölésrendszerét a **16. táblázat** tartalmazza.



237. ábra



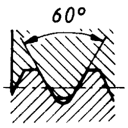
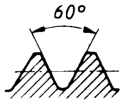
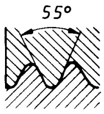
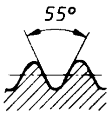
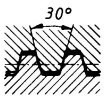
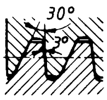
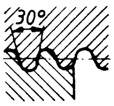
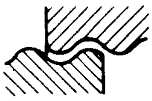
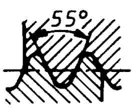
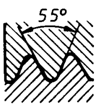
238. ábra



Névleges átmérő	d = D
Menetemelkedés	P
Alapháromszög-magasság	$H = 0.866 \cdot P$
Működő szelvénymagasság	$H_1 = 0.5413 \cdot P$
Tőlekerekítés	$R = 0.1443 \cdot P$
Orsómenet középátmérő	$d_2 = D_2 = d - 0.6495 \cdot P$
Orsómenet magátmérője	$d_3 = d - 1.2269 \cdot P$
Anyamenet magátmérője	$D_1 = d - 1.0825 \cdot P$
Profilszög	$\alpha = 60°$
Magkeresztmetszet	$A_s = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2$

239. ábra

Csavarmenetek jelölésrendszere 16.táblázat

Menetfajta	Menetszelvény	Betűjel	A menet jele és szabványszáma	Névleges átmérőtartomány	Alkalmazási terület
Métermenet		M	M14 MSZ 203/2	0,25...400mm	Általános
Finom métermenet			M20x1 MSZ 205	3,5...400	Optika finommechanika
Kúpos métermenet		MK	MK20x1,5 MSZ12186	6...60mm	Zárócsavar zsírzógomb
Hengeres csőmenet		G	G 1 1/2 MSZ1157	7,7...163,8 (1/16...6 hüvelyk)	Nem tömítő csövek és csőkötések
Hengeres anyamenet		Rp	Rp 1 1/2 MSZ1159	7,7...163,8 (1/16...6 hüvelyk)	Tömítőmenetes csövek és csőkötések
Kúpos anyamenet		Rc	Rc 3 1/2 MSZ1159		
Kúpos orsómenet		R	R 3 1/2 MSZ1159		
Trapézmenet		Tr	Tr 40x7 MSZ207/2	8...640mm	Általános
Fűrészmenet		S	S48x8 MSZ1781	10...640mm	Általános
Zsinórmenet		Rd	Rd16 MSZ208/1	8...200mm	Általános
		ZsL	ZsL40x4 MSZ15490/3	40mm	Egészségvédelmi légzőkészülék
Edison-menet		E	E27 MSZ9866	5...40mm	Lámpafoglalatok, izzólámpák, biztosítók
Lemezmenet		ST	ST3,5 MSZ2059	2,2...8mm	Lemezcsavar
Famenet		Fm	Fm1,6 MSZ2132	1,6...20mm	Facsavar
Kúpos menet		W	W19,2 MSZ2056	19,2...30,3mm	Gázszelep, gázpalack
Whitworth-Menet			W2” MSZ201	1/4...6 hüvelyk	Csak pótlási célokra

A métermenet két fajtája a normál- és a finom métermenet használatos. Kötőelemeken rendszerint a *normál métermenet* van, ennek jele *M*.

A normál métermenetet mm-ben adott átmérőjével és előtte a szelvény M jelével határozzuk meg: pl. M 20.

A *finom métermenet* menetemelkedése kisebb a normál menet emelkedésénél. Akkor használjuk, ha szerkezeti okok miatt kicsi a menetmélység vagy a menet kilazulásra hajlamos.

A *Whitworth menet* jellemzője az 55°-os szelvényszög és az, hogy méreteit hüvelykbe [jele:";(1" = 25,4 mm)] adjuk meg.

A *trapézmenetet* mozgatócsavarokon alkalmazzuk. Az élesmenetű csavarokkal szemben előnye a kisebb szelvényszög következtében jelentkező kisebb súrlódó erő.

A *fűrészmenet* nagy erők átvitelére alkalmas.

13.2. Orsómenet és anyamenet ábrázolása

A csavarmenetet a rajzon nem valósághűen, hanem egyszerűsítve, azaz *jelképesen* ábrázoljuk.

13.2.1. Orsómenet ábrázolása

A menetes orsót a **240. ábra** szerint kell ábrázolni. A menet külső átmérőjének (d) vonalát és a hasznos menethossz végét jelölő vonal folytonos vastag, a menetmag átmérőjének vonala (d_1) folytonos vékony vonal.

Ügyeljünk arra, hogy a menetvonalak rajzolásakor a vékony, ill. a vastag vonalak jól megkülönböztethetők legyenek, és a kétféle vonal legalább 0,7 mm távolságra legyen egymástól. Természetesen nagyméretű csavarok esetében a szabványos méreteknek megfelelően rajzoljuk meg az orsómenet magátmérőjének vonalait.

Amennyiben a menetes orsón tengelyirányú kitörést alkalmazunk, úgy a metszet vonalkázást a külső kontúrvonalig rajzoljuk, amely vonalakon áthalad a menet magátmérőt jelölő vékony vonal. A menetes orsó külső kontúrja folytonos vastagvonalú kör.

A menetes orsó tengelyre merőleges nézetén (**240.b ábra**) és metszetén (**240.c ábra**) a menet magátmérő folytonos vékony vonalát kb. a kör 3/4 részén rajzoljuk meg. (Célszerű a bal felső részt kihagyni.) A menet jelképes vékony folytonos vonala nem kezdődhet és nem végződhet a tengelyvonalakon.

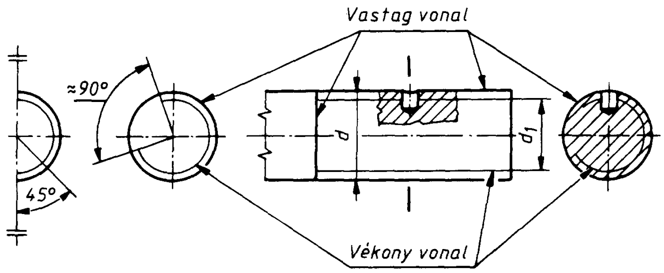
Metszeti rajzon a vonalkázást kontúrig rajzoljuk (**240.c ábra**).

Félnézetben (félmetszetben) a magátmérőt jelképező folytonos vékony vonalat kb. az alsó negyed-kör feléig húzhatjuk (**240.a ábra**). Ekkor a folytonos vékony vonal mindig a függőleges középvonaltól indul ki.

13.2.2. Anyamenet ábrázolása

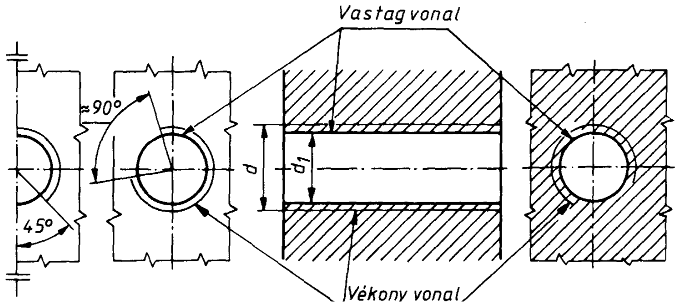
Menetes furatot általában metszetben ábrázolunk, hiszen így tudjuk bemutatni azt a legjellemzőbben (**241. ábra**). A menetes furat magátmérőjének vonalát folytonos vastag vonallal, a névleges átmérőnek megfelelő vonalakat pedig folytonos vékony vonallal rajzoljuk.

Metszeti rajzon a vonalkázás a magátmérő vonaláig terjed, átmegy tehát a menetjelkép külső vékony vonalain. Valamennyi tengelyirányú vetületen (**241.a, b ábra**) a magátmérő vonala folytonos vastag vonal, a külső (vagyis a nagyobbik) átmérő vonala pedig folytonos vékony körív (1/4 körív kihagyással).



a) b) c)

240. ábra



a) b)

241. ábra

Félnézetben (**241.a ábra**) vagy félmetszetben a külső átmérőt jelképező folytonos vékony vonal az alsó negyed-kör feléig terjed.

A külső átmérők vonalai nem kezdődhetnek, ill. nem végződhetnek a tengelyvonalakon, félnézetben pedig a függőleges tengelyvonaltól indulnak.

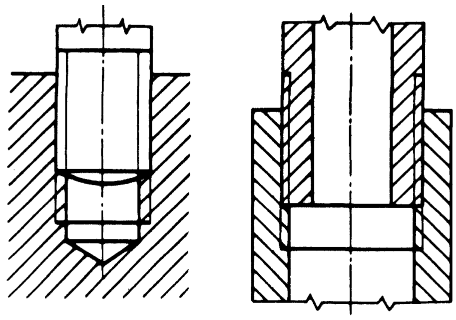
A zsákfuratba vágott menet ábrázolási módját a **242. ábra** szemlélteti. A menet magátmérőjét jelző vonalak és a hasznos menethossz végét jelző vonal folytonos vastag vonal. A névleges átmérő - vagyis a menetjelkép - vonala folytonos vékony vonal.

Menetes zsákfurat vagy menetes átmenőfurat ábrázolását nézetben vékony szaggatott vonallal készítjük

13.2.3. Menetcsatlakozások ábrázolása

Összecsavart állapotban az anyamenetet általában metszetben, az orsómenetet pedig nézetben ábrázoljuk (**242.a ábra**). Szükség szerint azonban ábrázolható az orsómenet metszetben (**242.b ábra**) vagy kitöréssel is.

Az orsómenet a becsavarási hosszban mindig elfedi az anyamenetet. Ennek megfelelően az orsón a külső (kontúr-) vonal a vastag, az anyán pedig a belső.



a) b)

242. ábra

13.2.4. Menetkifutás, szerszámkifutás és beszúrás

A felhasználható (teljes profilú) menethosszt *hasznos menethossznak* nevezzük. A nem használható menetrész a *menetkifutás* (**243. ábra**).

A menetmángorló szerszámnak az orsó végén szerszámkifutásra van szüksége (**244. ábra**).

13.3. Csavarmenet méretmegadása

A csavarról készített jelképes műszaki rajz csak arról tájékoztat bennünket, hogy az alkatrészen csavarmenet van. Nem határozza meg azonban annak sem a fajtáját sem a méretét. A csavarmenet jellemző adatait, méreteit méretvonalon külön meg kell adnunk

13.3.1. Jellemző méretek megadása

A csavarmenetet meghatározza a menetfajtát meghatározó betűjel és a hozzá kapcsolódó méretszám.
A betűjel a menetszelvény alakjára, a méretszám pedig az orsómenet külső átmérőjére utal, amelyet kiegészíthetünk a menetemelkedés számértékével (pl. *M20x1,5*).

A különböző csavarmenetek szelvényét, betűjeleit, méretmegadásának példáit a 15. táblázat tartalmazza.

A csavarmenetek szelvényeit szabványok írják elő, a menetek elkészítéséhez ezeket veszik figyelembe (**245. ábra**).

A csavarmenetek általában egybekezdésűek, azonban készíthetünk két- vagy több-bekezdésű csavart is. Ekkor egy körülfordulásra az anya (vagy az orsó) útja megnő.

A *kétbekezdésű* menet keletkezését szemlélhetjük a **246. ábrán** bemutatott csavarvonalak megrajzolásával. A két szomszédos csavarvonal távolsága ez esetben nem a valóságos menetemelkedés, hanem a menetosztás.

A több-bekezdésű csavarmenetet a méretmegadáskor úgy is meghatározhatjuk, hogy a menetemelkedés után zárójelben megadjuk a szomszédos menetek távolságát, a menetosztást mm-ben és ennek jelét a P-t.
Pl. Tr20 x 8 (P4).
Ez azt jelenti, hogy 20 mm átmérőjű orsóra kétbekezdésű 4 mm menetosztású, 8 mm menetemelkedésű szabványos trapézmenetet kell készíteni.
A bekezdések számát a következő módon számíthatjuk:

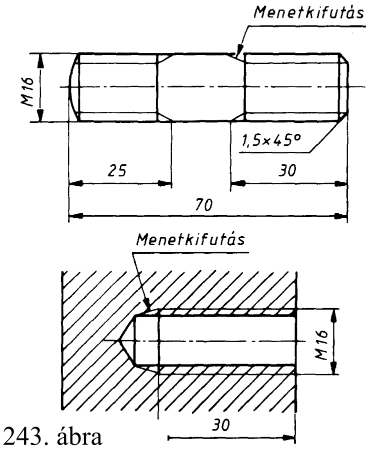
$$\text{Bekezdések száma} = \frac{\text{Menetemelkedés}}{\text{Menetosztás}}$$

13.3.2. Csavarmenet felületi érdessége

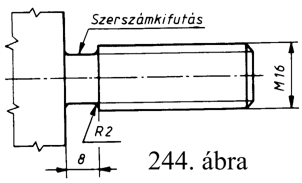
A csavarmenet felületi érdességét megadható a kirajzolt menetszelvény profilján vagy az azt meghosszabbító mutatóvonalon a menet méretsegédvonalán ill.

13.4. Balmenetű gépelemek jelölése

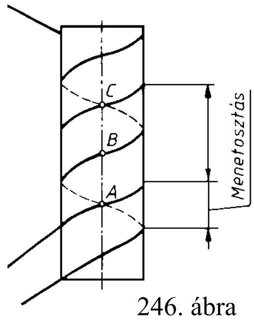
A balmenet betűjele: LH (LeftHand). Ezt a betűjelet az utolsó jel (szám, betű) után tüntetjük fel (pl. M24 x 1,5 LH). A balmenetes elemeket külön horonnyal is megjelöljük, hogy az alakján is látható legyen A figyelem felkeltése érdekében ezért minden *balmenetű csavart és anyát, figyelmeztető horonnyal kell ellátni.*



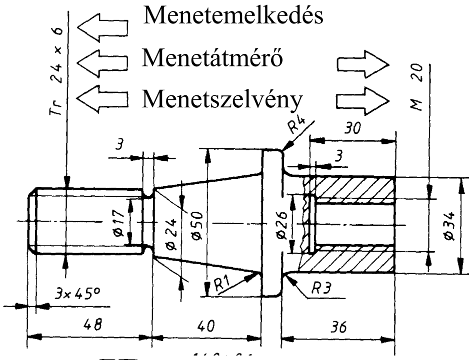
243. ábra



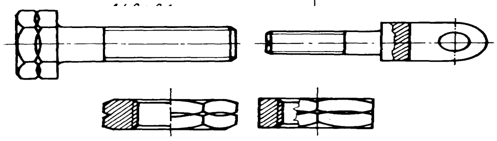
244. ábra



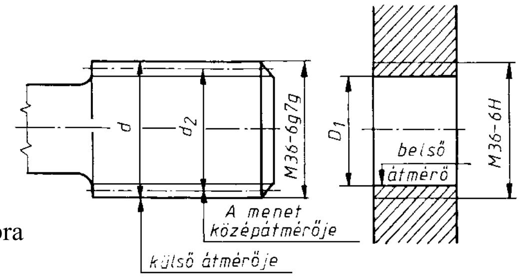
246. ábra



245. ábra



246. ábra



247. ábra

13.5. Csavarmenetek tűrése és illesztése

Több más gépelemhez hasonlóan a csavarmenetet is tűréssel készítik és illesztik. Ezt is előírhatjuk a csavarmenet méreteinek meghatározásakor.

A csavarmenetek tűrésrendszere azonos módon épül fel, mint a már tanult szabványos tűrésrendszer. Ennek megfelelően tehát a tűrés az alapeltérést meghatározó betűjelből és a tűrésnagyságot meghatározó minőségszámból áll.

Az anyamenetre nagybetű (gondoljunk a furatra), az orsómenetre kisbetű (csap) vonatkozik. A különbség csak annyi, hogy első helyen a minőséget jelző számjel áll, majd ezt követi a tűrés betűjele (pl. 6g).

Tűrést általában a csavarmenet középátmérőjére, ill. az anyamenet belső és az orsómenet külső átmérőjére írhatunk elő. Előírhatunk tűrést egyidejűleg az orsómenet közép- és külső átmérőjére is (**247. ábra**).

13.6. Hatlapú kötőelemek rajza

A gyakorlatban a legáltalánosabb a hatlapfejű csavarok használata. Ezek ábrázolását (szerkesztését) a **248. ábra** szemlélteti. Ha a csavarorsó átmérője (d) ismert, akkor a többi adat számítható: a csavarfej magassága 0,7d, a csúcstávolság C≈2d, a laptávolság S 0,86≈d.
A csavarfejen a 120°-os éltompítás a valóságban hiperbolaíveket hoz létre, amelyeket körívekkel helyettesítünk.
Az ábrából a szerkesztési méretek és a szerkesztés menete leolvasható.
A hatlapú anya ábrázolását (szerkesztését), a **249. ábra** szemlélteti. A csavarfejtől eltérően, a csavaranyát mindkét oldalon 120°-os éltompítással gyártják. Ennek megfelelően a hiperbolaíveket helyettesítő köríveket a csavaranya mindkét oldalán meg kell rajzolni.
Az ábráról a szerkesztési méretek leolvashatók.

13.7. Csavarvégződések

Az ipar számos területén igen sokféle csavart, csavaranyát alátétet és csavarvégződést használunk. A szabványos csavarvégződések alakjára és megnevezésére mutat rajzi példát a **250. ábra**.

13.8. Csavarmenet egyszerűsített ábrázolása

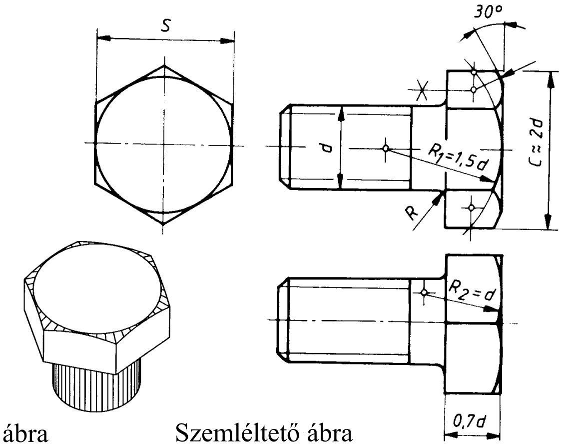
Ez az ábrázolás elsősorban a kis méretarányban rajzolt alkatrészek rajzain, vagy a zsúfolt, sok méretvonallal ellátott rajzokon alkalmazható. Az ilyen jellegű egyszerűsítés során az a fontos, hogy az alkatrész menetes furata egyértelműen meghatározott legyen.

13.8.1. Menetes furat egyszerűsített ábrázolása

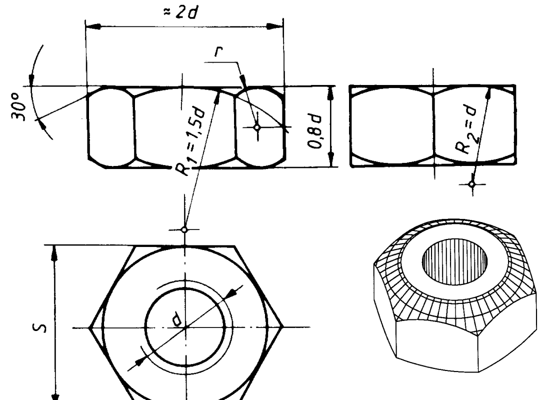
A menetes furat mind metszetben, mind nézetben megadható a furat középpontjától kiinduló mutatóvonalon. További egyszerűsítés, hogy a furat rajzolása helyettesíthető egyszerűen a menetes furat középpontjának jelölésével: vékonyvonalú kereszttel (**251. ábra**).
A méretmegadásról tanultak szerint a mutatóvonalon megadható a menetes furat többi szükséges méret- és tűrésadata is (pl. M12 x 1 LH-6H).
Zsákfuratok méretmegadásakor a menet méret adata után x jellel kapcsolva a hasznos menethossz, ezt követően kötőjellel a magfurat hossza adható meg. PI.:
M8x1x10-12 10 hasznos menethossz
12 magfurat hossza
Megadható egyszerűsítve a menetes furat süllyesztése is a menet méretadatai után törtjellel a következő módon:
M2 x 8/2,8 x 90°.
A törtjel után az ∅2,8 a süllyesztés átmérőjét, a 90° a süllyesztési szöget jelenti.

13.8.2. Kötőelemek egyszerűsített ábrázolása

Összeállítási és szerelési rajzon, ahol a kötőelemek (csavarok, csavaranyák) nagy számban fordulnak elő, alkalmazhatjuk a kötőelemek egyszerűsített és jelképes ábrázolását is.
Ez kicsinyített rajzokon alkalmazható előnyösen (**252. ábra**).

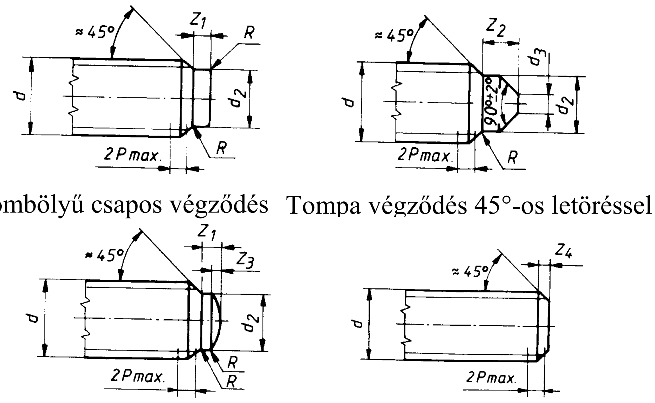


248. ábra Szemléltető ábra

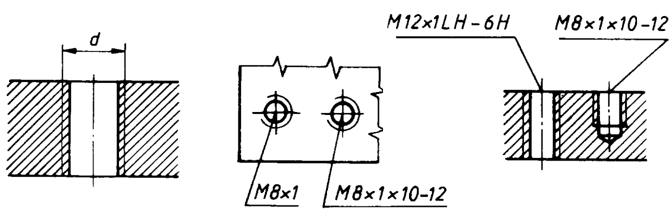


Szemléltető ábra

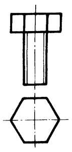
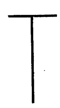
249. ábra



250. ábra



251. ábra

Megnevezés	Egyszerűsített ábrázolás	Jelképes ábrázolás
Hatlapfejű csavar		

252. ábra

13.9. Csavarkötések, csavarbiztosítások

13.9.1. A csavarok és a csavaranyák kialakítása

A csavarok kialakítását és geometriai méretválasztékát szabványok írják elő. Pl. Hatlapfejű csavarok A és B pontossági fokozat MSZ EN 24014.

A csavaranyák kialakítását és geometriai méretválasztékát szintén szabványok írják elő. Pl. Hatlapú csavaranyák MSZ EN 24034.

A csavarok és csavaranyák szilárdsági tulajdonságait foglalja össze a **17. táblázat**.

13.9.2. Csavarok és csavaranyák méretmegadása

A csavarok és csavaranyák megnevezését és méretmegadásának értelmezését a **18. táblázat** foglalja össze.

13.9.3. Csavarkötések

Csavarkötések gyakorlati kialakításait hatlapú-; belső kulcsnyílású-; ászok-; szemes-; hengeresfejű-; süllyesztettfejű- és lencsefejű csavarokkal hozzuk létre. A egyes csavarok méretét szabványok tartalmazzák.

13.9.4. Csavarkötési ábrák rajzolvasása

Az összeállítási rajzokon az alkatrészekre vonatkozó információk egy részét a darabjegyzék tartalmazza. A rajzon ábrázolt menetes alkatrész vetületi, egyszerűsített, jelképes ábrája és a feliratmezők lehetővé teszik, hogy minden szükséges információ rendelkezésre álljon a szereléshez. A csavarkötési rajzok olvasását a következő sorrendben célszerű végezni:

- feliratmezők tanulmányozása,
- rajz tanulmányozása,
- rajzon lévő szövegek, táblázatok tanulmányozása.

13.9.5. Csavarbiztosítások

A csavarbiztosítás a csavarkötés meglazulása, kicsavarodása ellen alkalmazott szerkezeti megoldás. A biztosításhoz rendszerint valamilyen segédalkatrészt használunk.

A meglazulás és egyúttal a szétcsavarodás elleni biztosítás gyakran azzal az előfeszítő erővel is megvalósítható, amit a csavar saját rugalmassága (rugalmas szárú csavarok) vagy a rugalmas biztosítóelemek, pl. rugalmas alátétek vagy tányérrugók hoznak létre. Rugalmas biztosítóelemeket elsősorban rövid, nagy szilárdságú csavaroknál és azoknál a gyenge minőségű csavaroknál használnak, amelyek rugalmas alakváltozása az elkerülhetetlen ernyedés felvételére nem elegendő.

17. táblázat

A csavarok szilárdsági tulajdonságai — **MSZ 229-2:1992**

	A szilárdsági csoport jele	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
	Szakítószilárdság R_m N/mm^2	300	400	400	500	500	600	800	900	1000	1200
	Folyáshatár R_e, N/mm^2 Egyezményes folyáshatár $R_{p0,2}$	180	240	320	300	400	480	640	720	900	1000
	Szakadási nyúlás As %	25	22	14	20	10	8	12	10	9	8

A csavaranyák szilárdsági tulajdonságai — **MSZ EN 2088-6:1995**

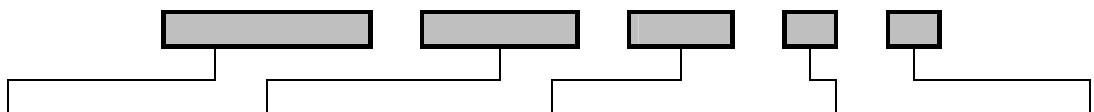
A szilárdsági csoport jele N/mm^2 –ben megadott vizsgálati terhelés 1-100-ad része. A vizsgálóterhelés megegyezik az olyan csavar névleges minimális szakítóerejével, amellyel az anya párosítható.

	Alacsony anya		Anyamagasság ≥ 0,6 · d						
A szilárdsági csoport jele	04	05	4	5	6	8	9	10	12
A vizsgálóterhelés	400	500	400	500	600	800	900	1000	1200
A párosítható csavar jele	6.8,8.8,10.9,12.9		3.6,4.6, 4.8	5.6,5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9

18. táblázat

A csavaranyák megnevezése — **MSZ ISO 8992:1994**

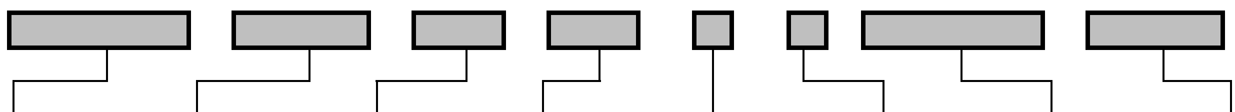
Hatlapú csavaranya MSZ EN 24032 - M 12 - 8 – B



A csavaranya szabványos neve	A szabványszám	A menet jele	Az anyagminőség	A pontossági fokozat

A csavarok megnevezése — **MSZ ISO 8992:1994**

Hatlapfejű csavar MSZ EN 24014 - M30 x 160 - 8.8 - B - Fe / Zn 12 C



A csavar szabványos neve	A szabvány-szám	A menet jele	Szerkezeti hossz	Anyagminőség jele	Pontossági fokozat	Felület-védelem	Egyéb előírás

14. Szegek és csapszegek

A gépiparban igen gyakran alkalmazott kötőelemek a szegek és a csapszegek. Ezek laza és szilárd kötések megvalósítására, pl. csuklók csapjaiként, vezető vagy központosító elemként, továbbá túlterhelés elleni biztosítóelemként egyaránt használhatók.

A szegek és a csapszegek felfekvő felülete hengeres vagy kúpos, a terhelés pedig általában merőleges a kötőelem tengelyére.

14.1. Szegek és szegkötések

A szegek igen sokféle kialakításban készülnek. Az általános gépiparban a szerszámgépek készülékeiben és a járműiparban a következő feladatokra alkalmazzák:
kötőelemként, pl. kézikarok, tengelyek rögzítésére;
*biztosítóelemként***,** pl. szerszám- és géprészek helyzetének biztosítására;
szerkezeti elemként.
A szegek kialakításuknak megfelelően három csoportba sorolhatók:

- *hengeres szegek,* (**253. ábra**)
- *kúpos szegek* (**254. ábra**), és
- *hasított szegek* (**255. ábra**).

A *kúpos szegeket* főként tárcsák; gyűrűk, kerékagyak tengelyen való rögzítésére használjuk.
A hasított szegeken három hosszirányú hasíték van. Ezt a hasítást vagy bele- hengerlik vagy beleütik a szegbe. Az összekötendő alkatrészeket szereléskor együttesen fúrjuk ki, és a nyers lyukba ütjük be a hasított szeget. A hasított szeg szilárd kötést létesít anélkül, hogy szűk tűrésű elemeket kellene készítenünk, alkalmazása ezért gazdaságos.

14.2. Csapszegek és csapszegkötések

A csapszegeket általában csuklós kötésekben alkalmazzuk. A csukló egyik eleme mozgathatóan kapcsolódik a csapszeghez, a másik pedig mereven vagy mozgathatóan.
A menetes csapszeg alakját, méreteit és beépítését mutatja a **256. ábra**.

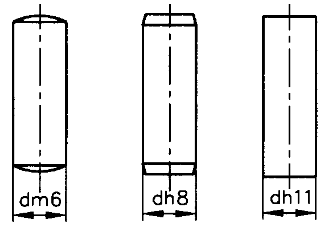
14.3. Axiális helyzetbiztosító elemek

Az *axiális helyzetbiztosító-* és *rögzítő* elemek megakadályozzák az agyak, gyűrűk, gördülőcsapágyak perselyek, karok, tárcsák és hasonló szerkezeti elemek nemkívánatos axiális elmozdulását a tengelyeken vagy furatokban, miközben alakzárással többé-kevésbé jelentős axiális erőket visznek át.

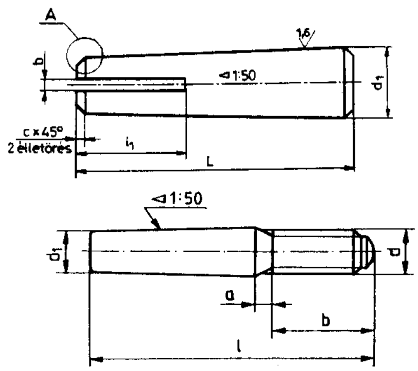
A sasszegek csuklóskötéseknél biztosítják a csapszegeket kicsúszás ellen, csavarkötéseknél pedig megakadályozzák a koronásanya elfordulását, a kötés lazulását (**257. ábra**).

Az *állítógyűrűket* a tengelyeken *hernyócsavarral* vagy kúpos szeggel rögzítik (**258. ábra**).

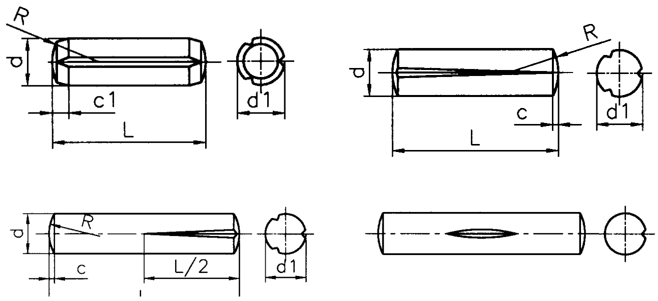
A *rögzítő gyűrűk* (Seeger-gyűrűk) a tengelyre vagy a furatba készített hornyokba elhelyezett felhasított rugalmas gyűrűk. A gyűrűknek változó négyszögkeresztmetszetük van, így biztosítható, hogy a fel- vagy bepattintás után is nagyjából kör alakúak maradjanak (**259. ábra**).



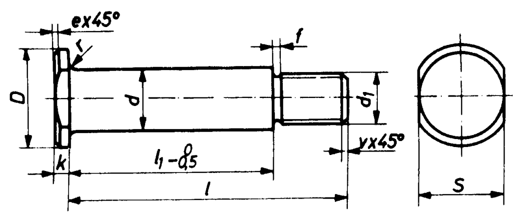
253. ábra



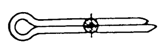
254. ábra



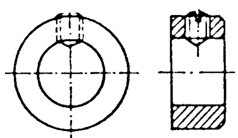
255. ábra



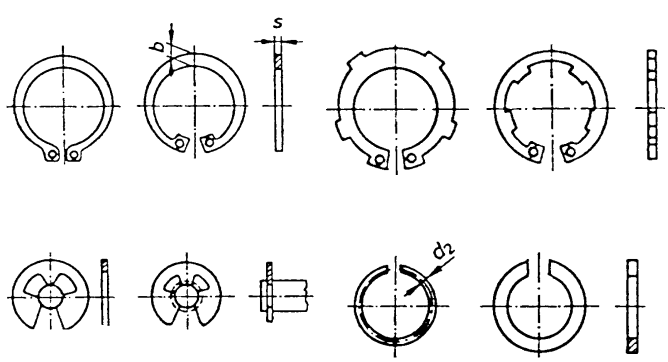
256. ábra



257. ábra



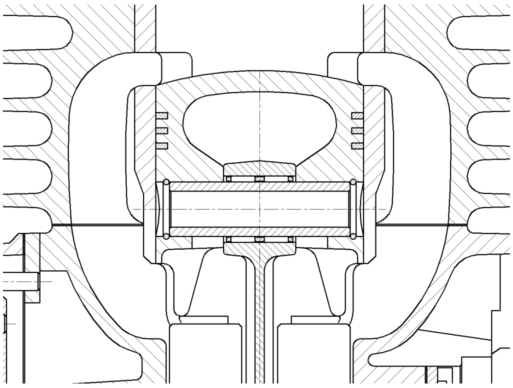
258. ábra



259. ábra

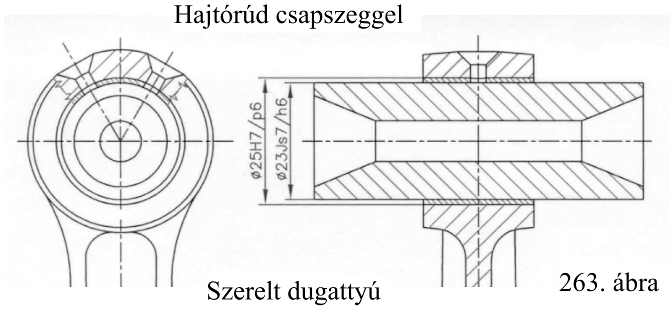
Mintarajzok csapszegek beépítésére

Csapszegbeépítés kétütemű motorkerék motorba



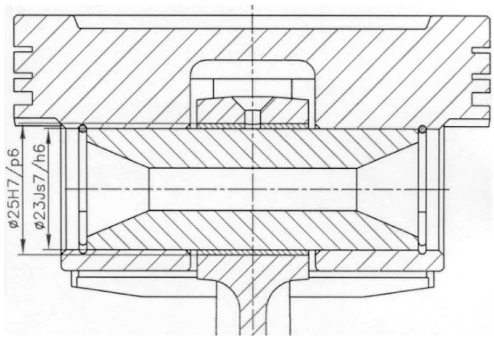
260. ábra

Hajtórúd csapszeggel



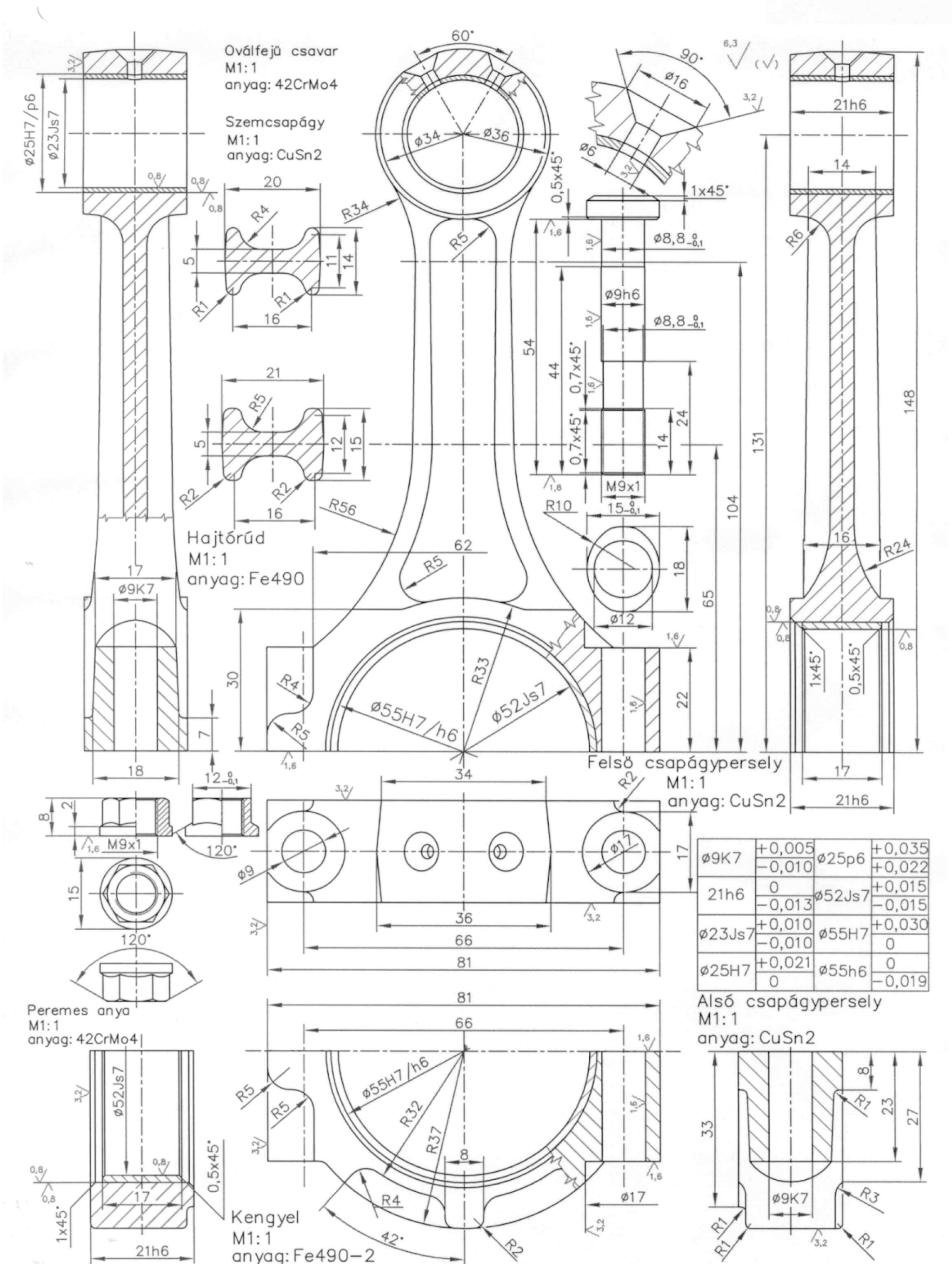
263. ábra

Szerelt dugattyú



264. ábra

Hajtórúd alkatrészrajz



ø9K7	+0,005 −0,010	ø25p6	+0,035 +0,022
21h6	0 −0,013	ø52Js7	+0,015 −0,015
ø23Js7	+0,010 −0,010	ø55H7	+0,030 0
ø25H7	+0,021 0	ø55h6	0 −0,019

261. ábra

15. Ékek, ékkötések

Az ékkötéseknél a tengely és az agy felfekvő felületei közötti nyomást a felületeket összefeszítő ék hozza létre (**264. ábra**).

15.1. Ékek

A szabványos ékek lejtése 1:100. Az ékkötések befeszítése általában az ékek hosszirányú beütésével történik. Ennek megkönnyítésére az ékeket gyakran alakítják ki *orros ékként*. Ha kevés a hely, az ékkötés úgy is befeszíthető, hogy a végein zárt tengelyhoronyba helyezett *fészkesékre* az agyat feszítik rá.

Az ékek szélességi méretének tűrése h9, a horonyszélesség tűrése pedig mind a tengelyben, mind az agyban D10, így az oldalfelületek megfelelő játékkal illeszkednek (**265. ábra**). A tengelyen a hornyokat ujj- vagy tárcsamaróval készítik, az agyban vésséssel.

Az ékek használatakor fellépő sugár irányú feszítés nemcsak a forgatónyomaték átvitelét biztosítja, hanem az agy tengely irányú elmozdulását is meggátolja

Az ékek fajtáit, alakját és szabványos méreteit az **19. táblázat** tartalmazza.

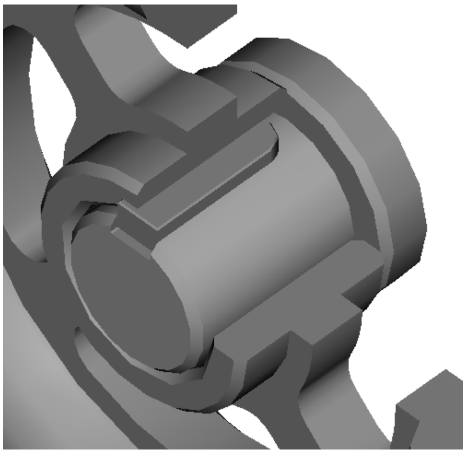
15.2. Ékkötések és ábrázolásuk

A szabványos ék 1. alak -*orros*, 2. alak -*fészkes*, 3. alak -*hornyos* és a 4. alak -*félhornyos* ipari gyakorlati megnevezéssel ismert.

Az ékkötések kialakításához szükséges ékhorony méreteit és tűréseit a **20. táblázat** tartalmazza.

A tárcsamaróval készített ékhorony alkalmazását az **266. ábra** mutatja, melyet a hornyos ékkötésnél alkalmaznak, míg a fészkes ékkötés fészkét ujjmaróval készítik.

A hornyos ékkötés rajzát az **267. ábrán**, a fészkes ékkötés rajzát a **268. ábrán** láthatjuk.

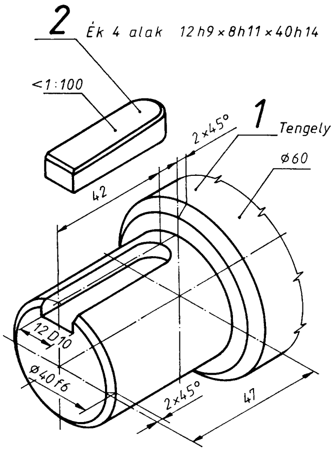


AutoCAD programmal 3D ábrázolással készített szilárdtest.

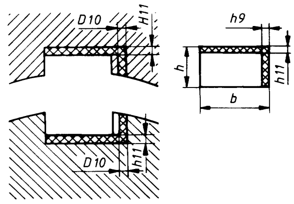
Az érintős ékkötést nagy megterhelés és lökésszerűen fellépő erők, valamint váltakozó irányú forgatónyomaték esetén alkalmazzuk. Legtöbbször 120°-os elrendezésben szereljük be mindkét ékpárt a tengelyhez érintőlegesen.

Az ékek lejtős felületekkel fekszenek fel egymáson, míg a külső párhuzamos lapok a tengely, ill. az agy megfelelő sík felületére támaszkodnak.

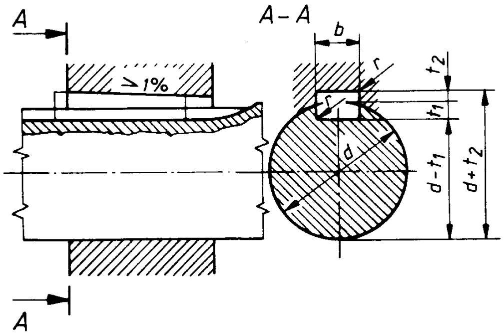
Az érintős ékkötés rajzát a **269. ábra** mutatja.



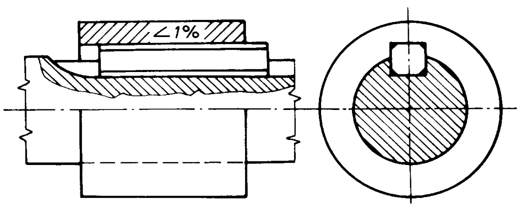
264. ábra



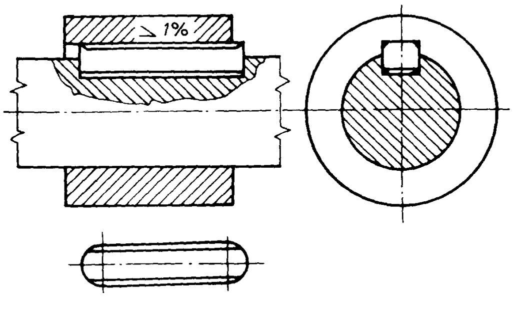
265. ábra



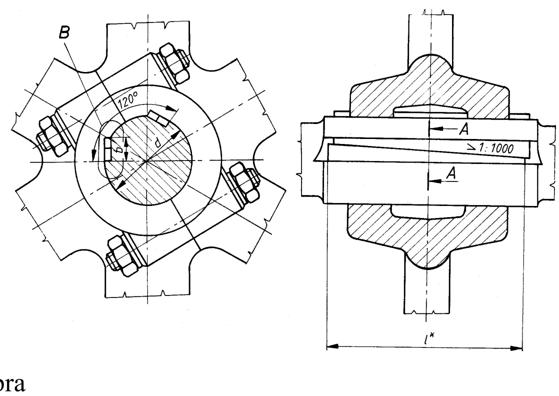
266. ábra



267. ábra



268. ábra

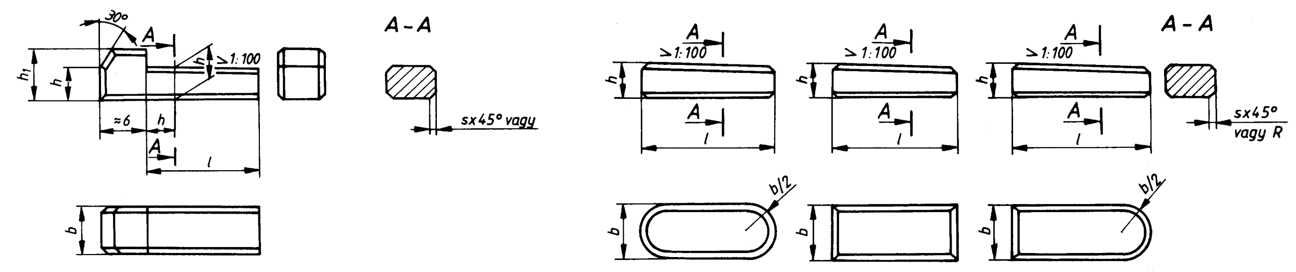


269. ábra

Ékkötések 19. táblázat **MSZ 2303:1977**

Ékalakok

1 alak 2 alak 3 alak 4 alak

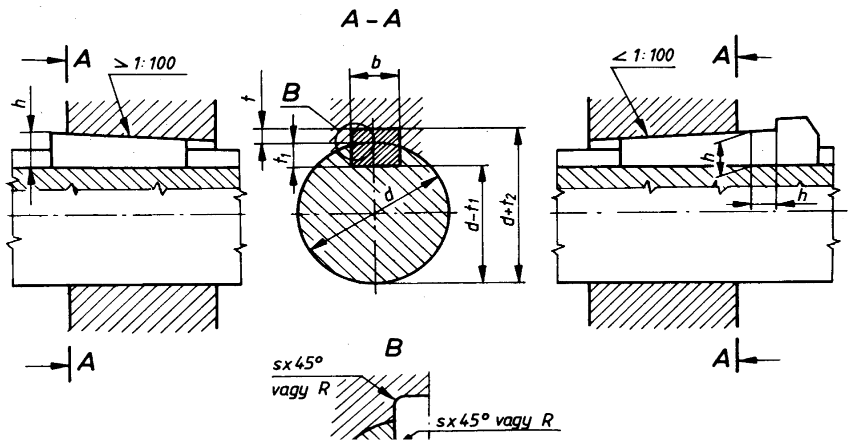


A szélesség, b		A magasság, h		Éltompítás, sx45° vagy r		Ékhossz, l		Fejmagasság h_1
névleges mérete	Tűrése (h9)	névleges mérete	Tűrése (h11)	min.	max.	-tól	-ig	
4	0	4	0			8	45	7
5	-0,030	5	-0,030			10	56	8
6		6		0,25	0,40	14	70	10
8	0	7				18	90	11
10	-0,036	8				22	110	12

*A 2-6 mm magasságú ékek h magasságának tűrése h9.
Az ék hosszát az alábbi sorozatból lehet választani: 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320, 360, 400, 450, 500 mm.
Megnevezés: **Ék 2-18x11x100 MSZ 2303** (2 alak, b=18, h=11, l=110 mm).

Ékkötések 20. táblázat **MSZ 2303:1997**

Ékhorony



Az ékhorony méretei és tűrései

Tengelyátmérő d		Ékméret		b szélességének		mélységének				éltompítás, sx45° v. lekerekítés, r	
				tengelyben és		tengelyben, t1		furatban, t2			
felett	-ig	b	h	névleges mérete	tűrése (D10)	névleges mérete	tűrése	névleges mérete	tűrése	max.	min.
10	12	4	4	4		2,5	0	1,2	0		
12	17	5	5	5	+0,078	3,0		1,7			
17	22	6	6	6	+0,030	3,5		2,2		0,25	0,16
22	30	8	7	8	+0,098	4,0		2,4			
30	38	10	8	10	+0,040	5,0		2,4			

A t1 és a t2 méret ellenőrzése helyett a (d-t1) és a (d+t2) méretet is lehet ellenőrizni.

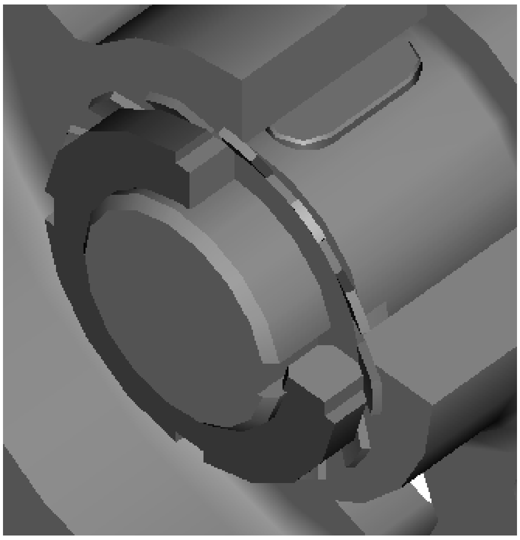
16. Reteszek, reteszkötések

16.1. Reteszek

A reteszek abban különböznek az ékektől, hogy a reteszeknek nincs lejtésük, vagyis alsó és felső felületük párhuzamos (**270. ábra**). Alkalmazásuk előnye, hogy sem az agyban, sem a tengelyben nem keltenek sugárirányú nyomófeszültséget. Így a forgó alkatrész és a tengely egytengelyűsége biztosítható. A reteszek csak a nyíró igénybevételükkel, ill. az oldalfelületeiken adják át a nyomatékból adódó kerületi erőt. Nagy nyomatékok átvitelére alkalmasak, de a tengelyen az alkatrészt tengelyirányú elmozdulás ellen biztosítani kell vagy valamilyen mechanikai rögzítőelemmel vagy megfelelően szoros illesztéssel.

A reteszek fajtáit, alakját és szabványos méreteit az **21. táblázat** tartalmazza.

A *fészkes retesz* szemléltető képe



271. ábra

16.2. Reteszkötések és ábrázolásuk

A szabványos retesz 1. alak -*fészkes*, 2. alak -*hornyos* és a 3. alak -*félhornyos* ipari gyakorlati megnevezéssel ismert (**273. ábra**).

A *fészkes retesz* számára a horony ujjmaróval készül. Szemléltető képe AutoCAD szerkesztőprogrammal készült szilárdtest, amely az **271. ábrán** látható.

A *hornyos retesz* számára a tengelybe a reteszhornyot tárcsamaróval marjuk

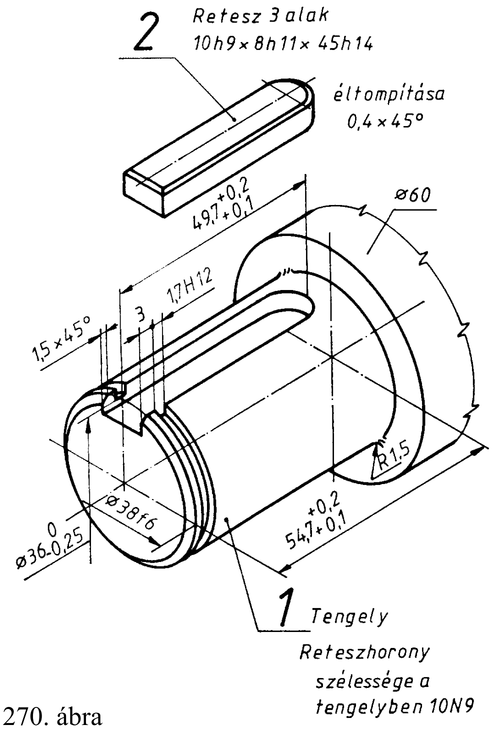
A reteszkötések kialakításához szükséges reteszhorony méreteit és tűréseit az **22. táblázat** tartalmazza.

A *siklóreteszt* ott alkalmazzuk, ahol a tengelyen az agyat el kell csúsztatni (pl. váltómű fogaskerekekhez). A retesz méreteitől függően egy vagy két hengeres fejű csavarral a tengely fészkében rögzíteni kell (**274. ábra**).

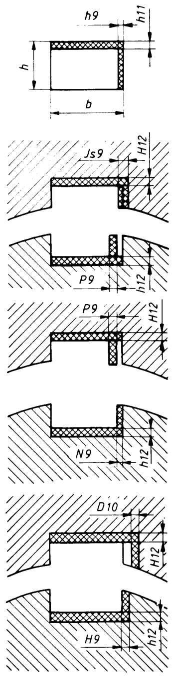
A reteszkötésekhez használatos illesztések grafikus ábrázolását a **272. ábra** szemlélteti.

Az *íves reteszt* kisebb nyomaték és rövid kerékagy esetén alkalmazzuk (**275.ábra**).

A tengelybe a hornyot tárcsamaróval marjuk (**276. ábra**).

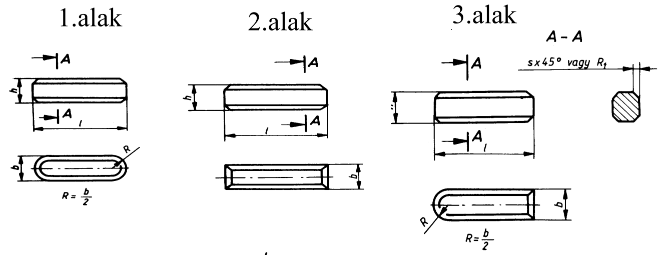


270. ábra

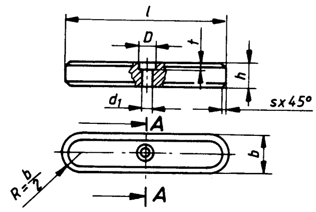


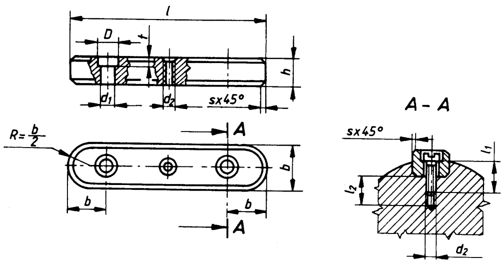
272. ábra

1.alak 2.alak 3.alak

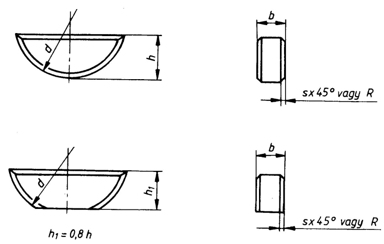


273. ábra

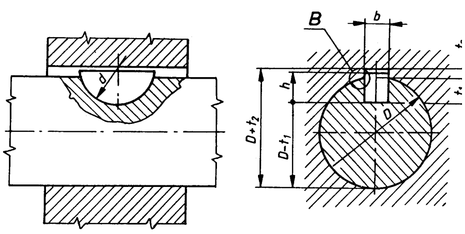




274. ábra



275. ábra

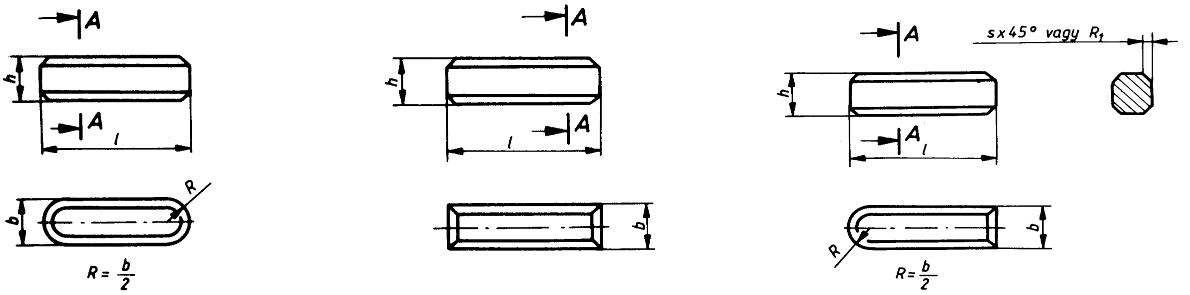


276. ábra

Reteszek méretei és tűrésük 21. táblázat **MSZ 12868:1979**

Retesz-alakok

1 alak 2 alak 3 alak



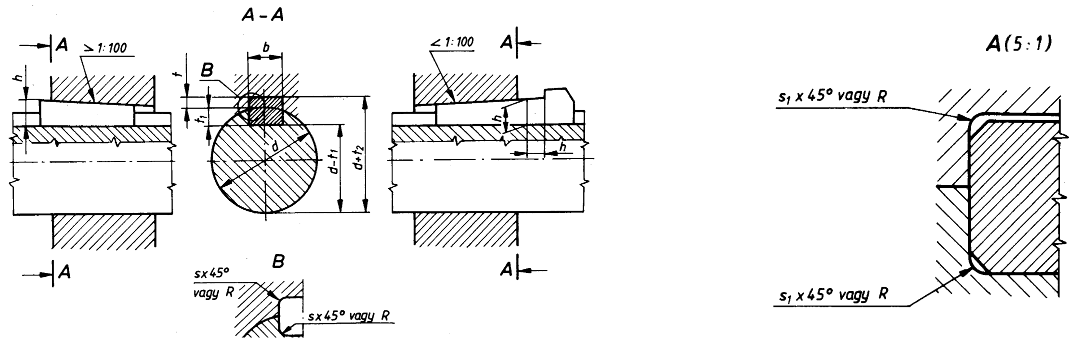
A szélesség, b		A magasság, h		Lekerekítés vagy élletörés, r vagy sx45°		Reteszhossz, l	
Névleges m.	tűrése (h9)	Névleges m.	tűrése (h11)	min.	max.	-tól	-ig
4	0	4	0			8	45
5	-0,030	5	-0,030			10	56
6		6		0,25	0,40	14	70
8	0	7				18	90
10	-0,036	8				22	110

A retesz hosszát az alábbi sorozatból kell választani: 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125.

Szabványos megnevezés: **Retesz 18x11x100 MSZ 189** (b=18, h=11, l=100mm), ugyanezen méret, de 2 alakú: **2-18x11x100MSZ 12868.**

Az l hossz tűrése h14. A retesz anyaga $R_m \geq 590$ MPa (60 kg/mm^2) szakítószilárdságú húzott reteszacél (MSZ 314).

Reteszhorony méretei és tűrései 22. táblázat **MSZ 12868:1979**



Tengely-átmérő, d		A retesz-szelvény mérete bxh	A reteszhorony										
			b szélességének tűrése					mélységének				lekerekítés v.	
			laza reteszköt.		normál reteszköt.		szilárd	tengelyben, t_1		furatban, t_2		éltompítás, r v s_1	
felett	-ig		tengely -ben (H9)	furatban (D10)	tengely -ben (N9)	furatban (J_S 9)	tengely . furat (P9)	névl. mérete	tűrése	névl. mérete	tűrése	max.	min.
12	17	5x5	+0,030	+0,078	0	+0,015	-0,012	3,0	+0,1	2,3	+0,1	0,25	0,16
17	22	6x6	0	+0,030	-0,030	-0,015	-0,042	3,5	0	2,8	0		
22	30	8x7	+0,036	+0,098	0	+0,018	-0,015	4,0		3,3			
30	38	10x8	0	+0,040	-0,036	-0,018	-0,051	5,0	+0,2	3,3	+0,2	0,4	0,25
38	44	12x8	+0,043	+0,120	0	+0,021	-0,018	5,0	0	3,3	0		
44	50	14x9	0	+0,050	-0,043	-0,021	-0,061	5,5		3,8			

A reteszkötések a fenti táblázat tűréseinek bármely, a táblázattól eltérő párosításával is illeszthetők, például a tengelyben szilárdan, furatban pedig lazán.

Hőkezelt alkatrészek esetén a reteszhorony szélességének tűrése H11 is lehet.

Nagy igénybevétel esetén a horonyfenék és az oldalfelületek átmenetét lekerekítéssel kell kialakítani.

17. Bordás tengelykötések

Minden ékkötésnél az egyoldali befeszítés következtében a tengely és az agy tengelyvonala nem esik egy egyenesbe, ezért olyan esetekben, amikor a tengely és a felerősített elem egytengelyűségével szemben nagyobbak a pontossági követelmények, pl. fogaskerekeknél, az ékkötést nem célszerű használni.

Bordás tengelykötést ék és reteszkötés helyett, nagy igénybevételű alkatrészeknél, nagy nyomaték átszármaztatásakor alkalmazunk. A bordástengely a bordásfuratú agyrészhez kapcsolódik, együtt gépelempárt alkotnak.

A *bordástengely* és a *bordásfuratú agy* kapcsolódhat lazán vagy szorosan.

Laza, vagyis elcsúsztatható a gépelem pár kapcsolata pl. egy sebességváltóban. Szoros lehet a kapcsolat pl. egy nagy teljesítményű hajtóműben. Az első esetben a nyomaték átvitele mellett fontos az is, hogy a szükséges időpontban a kapcsolat oldható legyen, a második esetben csak a nyomaték átszármaztatása a fontos.

A bordástengely bordázatát marógépen, speciális maróval, vagy lefejtőmaróval, a bordásfuratot véséssel vagy húzótüskével készítik.

A bordás tengelykötések három fajtája szabványos:

- a párhuzamos oldalú bordás tengelykötés(**279. ábra**):
- a barázdafogazatú bordás tengelykötés és (**277. a**)
- az evolvensprofilú bordás tengelykötésű (**277. b**)

A bordástengely és a bordásfurat központosítása háromféle módon lehetséges (**278. ábra**):

- központosítás a belső átmérőn (a),
- központosítás a külső átmérőn (b) és
- központosítás a bordaoldalakon (c).

A bordástengely és a bordásfurat *jellemző adatai*:

a) párhuzamos oldalú bordástengely és bordásfurat esetén (**279. ábra**):

a bordák száma	z,
a belső (lábhenger) átmérő	d,
a külső (fejhenger) átmérő	D,
a bordaszélesség	b

b) evolvensprofilú bordástengely és bordásfurat esetén:

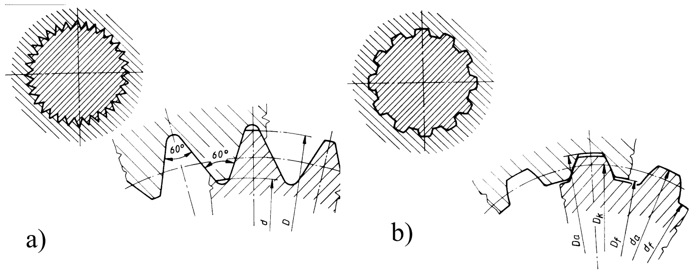
	tengely	furat
a bordák száma	z	z,
a belső (lábhenger) átmérő	d_f	D_f,
a külső (fejhenger) átmérő	d_a	D_a,
a bordaszélesség	e	s

17.1. Párhuzamos oldalú bordás tengelykötés

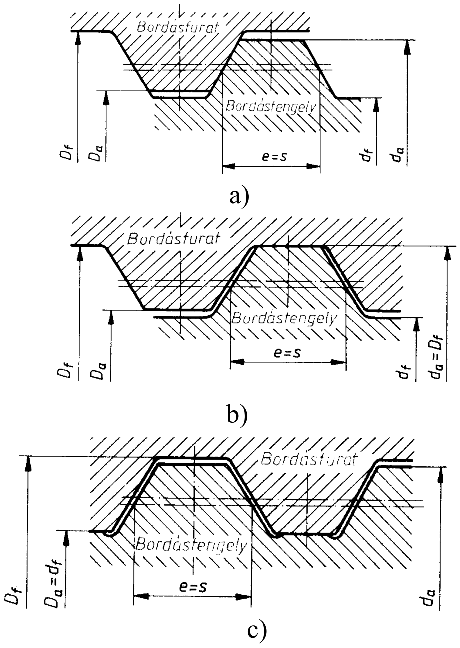
A párhuzamos oldalú bordás tengelykötéseket *könnyű, közepes, nehéz* csoportokba sorolták. Ezek méretadatait táblázatok tartalmazzák. A *belső átmérőn központosított* bordástengelyek A és C kivitelben, a *külső átmérőn* és a *bordaoldalakon* központosított bordástengelyek pedig B kivitelben készülnek **280. ábra**.

A bordás tengelykötések jelölésének jellemző megadási módja:

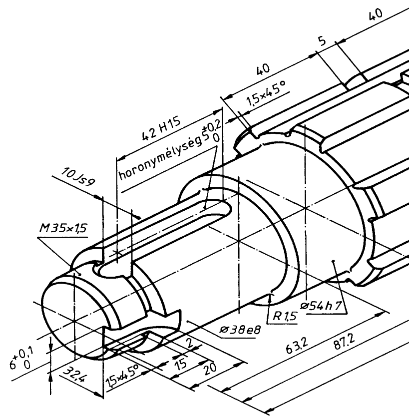
- a központosító felület betűjele
- a bordaszám, a tengely és a furat *d, D,* és *b* névleges mérete
- az átmérő és a borda szélességi méretének tűrését vagy illesztését.



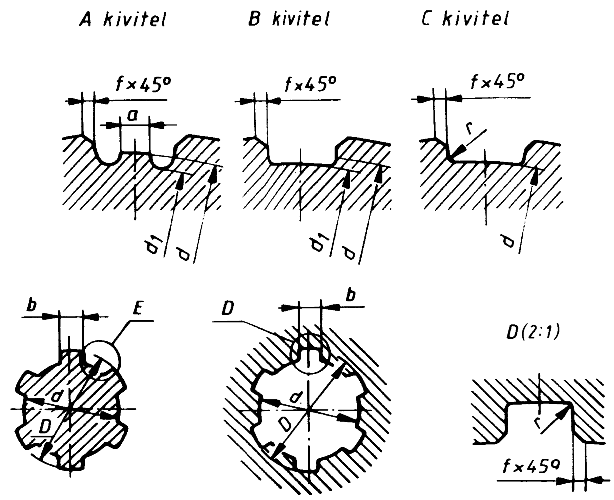
277. ábra



278. ábra



279. ábra



280. ábra

17.2. Evolvens profilú bordás tengelykötés

Az evolvensprofilú bordás tengelykötés elemeinek szabványosított méretei a gyakorlatban a *névleges átmérő (D)* és a *modul (m)* függvényében választható meg a *fogszám (z),* amelyet a terhelés, az elkészíthetőség, az átviendő nyomaték stb. határozhat meg.

17.3. Bordás tengelykötés elemeinek ábrázolása

A párhuzamos oldalú bordástengelyt nézetben és metszetben is egyszerűsítve ábrázoljuk.

17.3.1. Bordástengely ábrázolása

A bordástengely hossztengelyére merőleges metszetében (vagy nézetében) legalább egy bordát és a szomszédos két hornyot kirajzoljuk, és a fejhenger vonalát a bordához kapcsolódóan, folyamatos vastag vonallal rajzoljuk meg.

Az éltompítást nem rajzoljuk meg. A lábhengert a kirajzolt fogárok méretétől kezdődően folytonos vékony vonallal kell megrajzolni (**281.a ábra**).

A forgástengellyel párhuzamos nézetben a teljes profilú bordaszakasz végét és a szerszámkifutást, valamint a lábhenger kontúrvonalát folytonos vékony vonallal rajzoljuk.

Az *evolvensprofilú bordástengely* rajzolásakor a hossztengelyre merőleges metszetben (nézeten) egy bordaprofilt együtt kirajzolunk a két szomszédos fogárokkal, és hasonlóan a párhuzamos oldalú bordástengelyhez, a fejhenger kontúrvonalát folytonos vastag vonallal, a lábhenger kontúrvonalát folytonos vékony vonallal rajzoljuk meg. Ezen kívül még meg kell rajzolni vékony pontvonallal az osztóhenger vonalát is (**281.b ábra**).

Ha a bordás tengelyben belső üreget kell megmutatnunk, hosszmetszetet készítünk. A metszeten a bordát nézetben ábrázoljuk (**282. ábra**).

Ha a bordán olyan belső üreget kell megmutatni, ami miatt metszetet kell készíteni, azt kitörésen adjuk meg (**283 ábra**). Ha a bordák helyzete a megmutatott részlethez képest nem tetszőleges, akkor a kitörésben a tényleges anyaghatárt rajzoljuk, nem a jelképet.

17.3.2. Bordásfurat ábrázolása

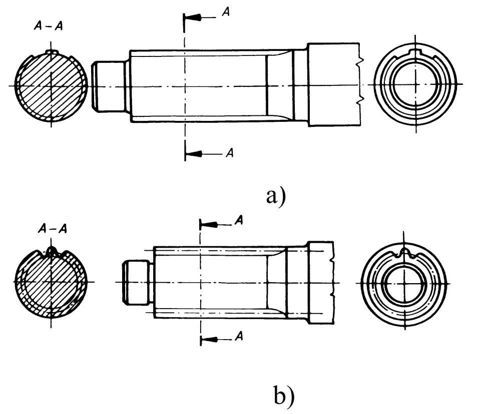
A bordásfuratot is jelképesen ábrázoljuk. A tengelyirányú metszeten mind a fej-, mind a lábhenger kontúrja folytonos vastag vonal. Erre merőleges metszeten (nézeten) legalább egy profilt és a két szomszédos fogárkot megrajzolunk. Ehhez kapcsolódik a bordázat lábköre ami folytonos vastag vonal, i11. a fejhenger köre, ami folytonos vékony vonal (**284. ábra**).

Evolvensprofilú bordásfurat rajzán vékony pontvonallal az osztóhenger vonalát is megrajzoljuk (**285. ábra**).

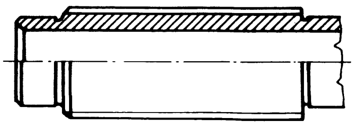
17.3.3. Bordáskötés ábrázolása

A bordás tengelykötést tengelyirányú metszeten a tengely egyszerűsített jelképes ábrázolásával, ill. a bordásfurat látható részének folytonos vastagvonalú láb-, ill. fejhengerének kontúrvonalával rajzoljuk.

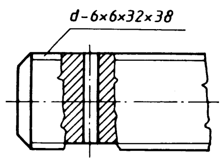
A bordástengely mind a nézeten, mind a metszeten takarja a bordásfuratot, és kapcsolódásukat hézag nélkül ábrázoljuk (**286. ábra**).



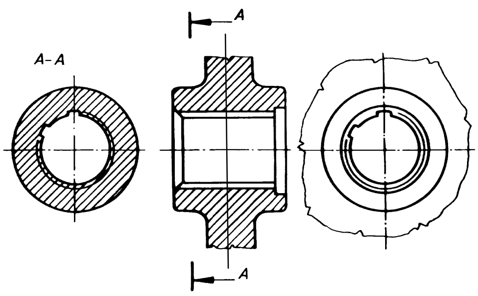
281. ábra



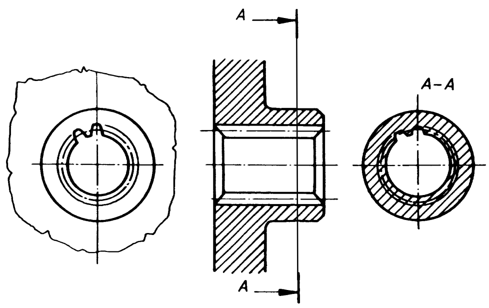
282. ábra



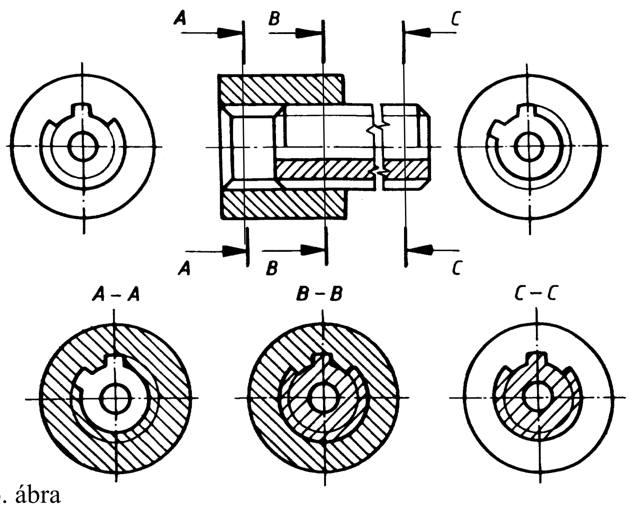
283. ábra



284. ábra



285. ábra



286. ábra

18. Kúpos kötések

A kúposkötések az erőzáró tengelykötések közé tartoznak. Az erőzáró tengelykötésekre jellemző, hogy a felfekvő felületeken valamilyen módon nyomás keletkezik és az ennek következtében ébredő súrlódás megakadályozza az alkatrészek tengelyirányú eltolódását; ill. elfordulását. Az erőzáró kötéseket egyaránt alkalmazhatjuk erő (**287.ábra**) és nyomaték (**288. ábra**) átszármaztatására.

18.1. Erőzáró kötés kialakulása

A felületeket összeszorító normális irányú erőt létrehozhatjuk csavarral, ékkel, rugóval vagy szilárd illesztésű kötésnél az összekötött elemek rugalmas alakváltozásával.

Minél egyenletesebb az érintkező felületeken a normális irányú erő, a p felületi nyomás eloszlása, annál jobb a kötés erő- és nyomatékátvitele, valamint hengeres felületek esetén az elemek központosítása.

A súrlódási erő nagysága a nyomáson kívül függ a súrlódási tényezőtől is, amelyet pedig döntő mértékben befolyásol az érintkező felületek anyaga, a felütetek minősége, azaz a felületi érdesség, valamint a felület állapota, pontosabban a *súrlódási állapot.*

A felületi érdességet tekintve a kisebb érdesség, a felület állapotát tekintve pedig a száraz, nem kent felület a kedvezőbb. A súrlódási tényező függ a mozgásállapottól is. Ezért megkülönböztetünk nyugvósúrlódást, amelynél a súrlódási tényező μ_0, és csúszósúrlódást, amelynél a súrlódási tényező μ. Mivel a μ csúszósúrlódási tényező kisebb, mint a μ_0 nyugvósúrlódási tényező, ezért biztonságból mindig a csúszósúrlódási tényezővel számolunk, amelynek tájékoztató értékeit a **23. táblázat** tartalmazza.

Megengedett felületi terhelések
- acél acélon vagy acélöntvényen p_{meg}=50,0...90,0 MPa
- acél öntöttvason p_{meg}=30,0...50,0 Mpa

18.2. Erőviszonyok kúpfelületen

A kúpos elempárral létesített kötés a gépgyártásban általánosan használatos erőzáró kapcsolat. A súrlódókapcsolók legrégibb, de egyben a legegyszerűbb megoldása a kúpos kapcsoló. A (**289.b ábra**) belső, kúpos súrlódókapcsolót ábrázol, ahol az egyik kapcsolófél kúpos súrlódó felületéhez Q erővel nyomja az erőzáró rugó a másik kapcsolófél ugyancsak kúpos súrlódó felületét. A kúpos felületeken kis tengelyirányú kapcsolóerővel lehet megfelelő nagy súrlódóerőt, kerületi erőt kelteni.

A kúpfelületen fellépő erőviszonyokat a **289.a ábra** szemlélteti. Ahol:

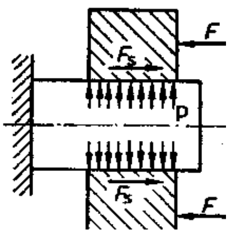
Q tengelyirányú erő

D a tengelykapcsoló közepes átmérője

F_N súrlódó felületekre merőleges erő

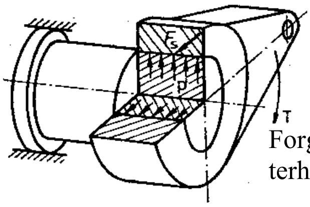
α kúpszög

Az összekötendő alkatrészeket a közös kúppaláston játékmentesen központosítja. Ha az α kúpszög kisebb, mint a súrlódási félkúpszög, akkor a kötés önzáró. Bizonyos körülmények között hatásosan tömít. A kúpfelületeken a biztonság kedvéért a megcsúszás elkerülésére reteszkötést is szoktak elhelyezni (**291. ábra**).



Axiális erővel terhelt erőzáró kötés

287. ábra

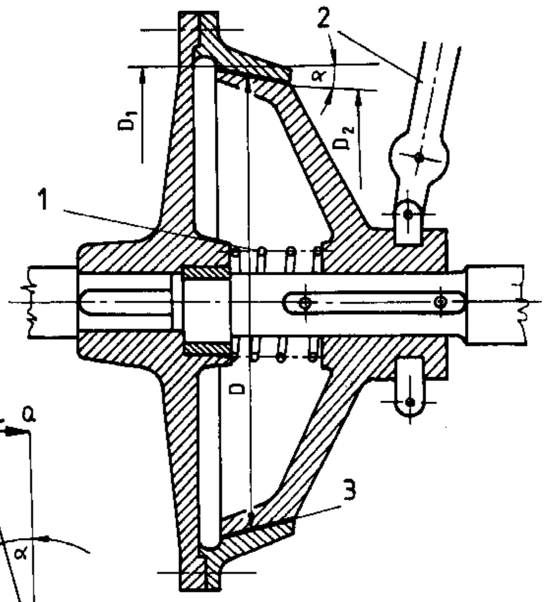


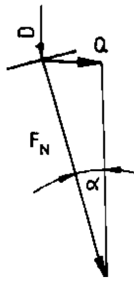
Forgatónyomatékkal terhelt erőzáró kötés

288. ábra

Súrlódási tényezők értéke csúszósúrlódáskor 23. táblázat

Súrlódó anyagpár	Száraz súrlódás esetén, μ	Olajozott felület esetén, μ
acél / acél vagy öntött acél	0,065...0,16	0,055...0,12
acél / öntöttvas vagy bronz	0,15...0,20	0,03...0,06
öntöttvas / öntöttvas vagy bronz	0,15...0,25	0,02...0,10
acél / Al-Mg ötvözet	0,05...0,96	
acél / sárgaréz	0,05...0,14	





Erőviszonyok kúpfelületen

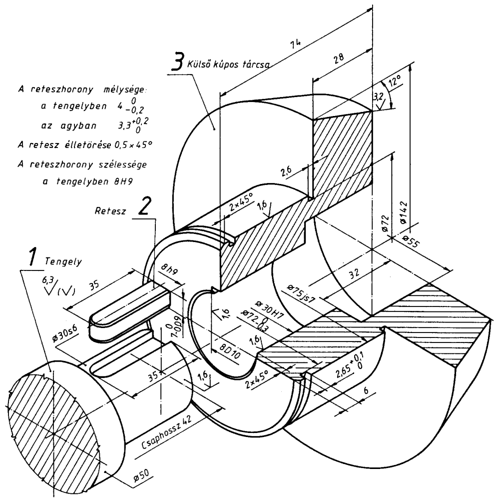
Kúpos surlódókapcsoló szerkezete
1 erőzáró rugó,
2 kapcsolószerkezet,
3 súrlódóbetét

289.ábra a) b)

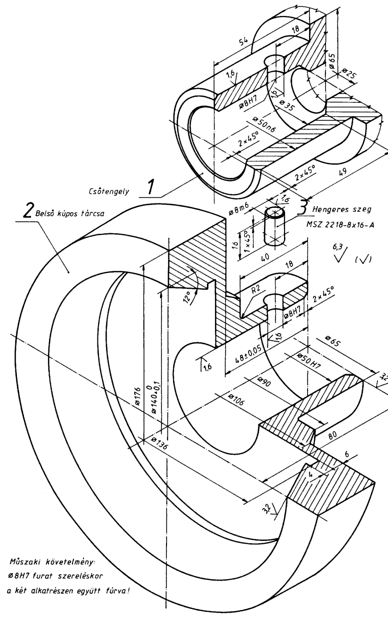
18.3. Kúpos kötések rajzi ábrázolása

Kúpos tengelykapcsoló

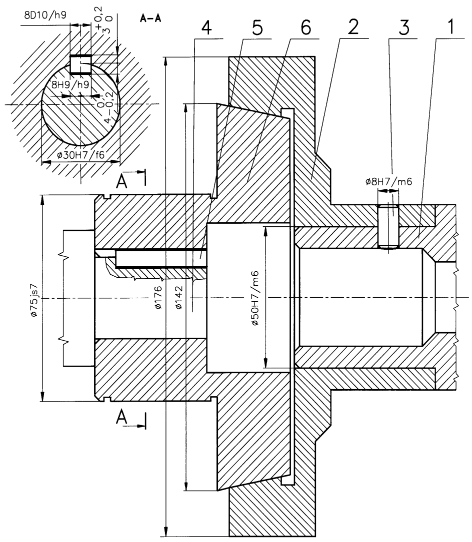
Feladatkiírás



Feladatkiírás



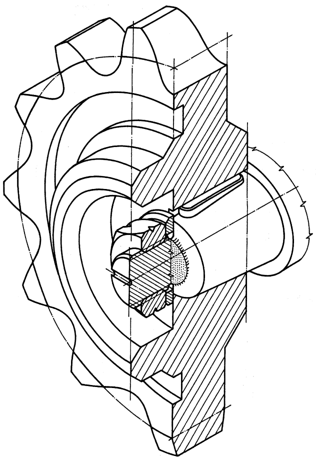
Összeállítási rajz



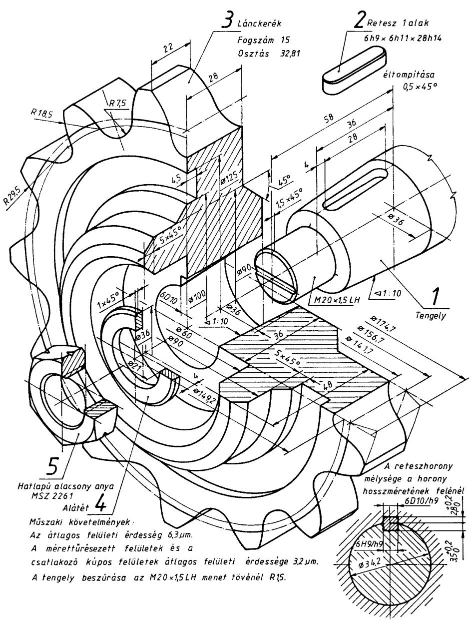
290. ábra

Lánckerék beépítés kúpos tengelyvégen

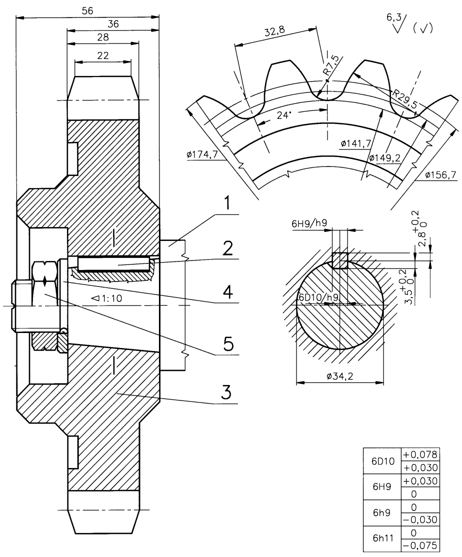
Szemléltető rajz



Feladatkiírás



Összeállítási rajz



6D10	+0,078	+0,030
6H9	+0,030	0
6h9	0	−0,030
6h11	0	−0,075

291. ábra

19. Szilárd illesztésű kötések

Szilárd illesztésű kötésnél az alkatrészek illeszkedő méretei között a szerelés előtt túlfedés van. A túlfedés miatt a szerelés csak sugárirányú deformációval lehetséges. A sugárirányú deformáció hatására fellépő sugárirányú erők következtében rugalmas szorítás jön létre, amely lehetővé teszi, hogy a kötés súrlódási erőkkel tengelyirányú erőt, csavaró nyomatékot vagy egyidejűleg mindkettőt átvigyen. A szilárd illesztésű kötéseket elterjedten alkalmazzák, mivel viszonylag könnyen elkészíthetők, Lökésszerű és váltakozó igénybevétel esetén is megfelelők, a tengelyt nem gyengíti horony, jó a kötés központosítása. A megfelelő súrlódó kötés létrehozásának feltétele a pontos méretezés és az előírt méretek, tűrések betartása. A szilárd illesztésű kötések alkalmazására példaként megemlítjük a gördülőcsapágy belső gyűrűi, tengely-kapcsolóagyak, fogaskerekek, tárcsák és gyűrűk rögzítését a tengelyen, fogaskoszorú felerősítését a keréktesten, sikló-csapágy perselyét stb.

19.1. Sajtolt kötés

A kötés szerelése, a sugárirányú deformáció létrehozása hidegen (szobahőmérsékleten) *sajtolással* történik. A sajtolás során a felületi rétegek, a felületi egyenetlenségek lesimulnak, kismértékű plasztikus alakváltozás következik be. A lesimulás következtében a hatásos túlfedés csökken. A lesimulás mérséklése érdekében az illeszkedő felületeket a lehető legsimábbra kell készíteni és a homlokfelületeken levő éleket le kell gömbölyíteni vagy 2...5 mm hosszon 5°-os szögben lemunkálni. A kötés oldása és ismételt létrehozása esetén a kötés teherbírása kb. 15...20 % -kal csökken. **292. ábrán** szemléltető rajz látható sajtolt kötéssel szerelt alkatrészekre.

19.2. Zsugor kötés

Szilárd illesztésű kötés előállítható úgy is, hogy az összekötendő elemek valamelyikén vagy kettőn együttesen a túlfedést meghaladó alakváltozást hozunk létre. A szerelés viszont játékkal történik, és a kötés létrehozásához szükséges rugalmas szorítás csak a szerelés befejezése utáni végleges állapotban jön létre. Ilyen szerelés esetén a sajtolással ellentétben nagymértékű lesimulással nem kell számolni.

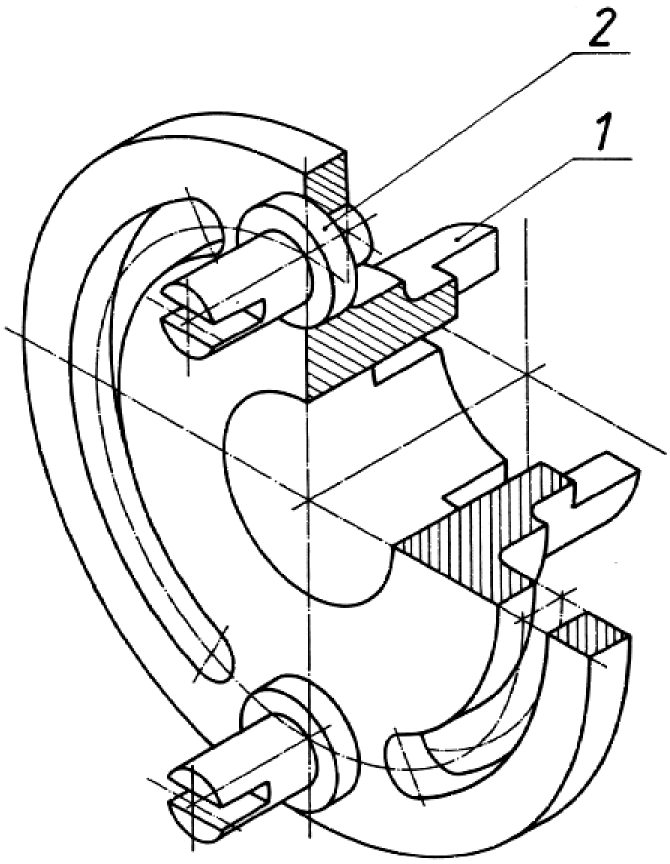
A túlfedés megszüntetése céljából vagy a névlegesnél kisebb méretű agyat melegítik fel, és az *lehűléskor zsugorodik,* vagy pedig a tengelycsapot vagy közrefogott elemet hűtik le, amely a szobahőmérsékletre való felmelegítéskor kitágul. Néha a két eljárást egyidejűleg alkalmazzák.

A kötés elemeit 100 °C -ig fűtőlappal, 370 °C -ig olajfürdőben, 700 °C -ig tokoskemencében vagy lánggal melegítik fel. Szétszereléshez, különösen gördülőcsapágy-gyűrűk esetén az indukciós melegítést is alkalmazzák.

A hűtéshez szárazjeget (-70... -79 °C) vagy folyékony levegőt (- 190... - 196 °C) használnak.

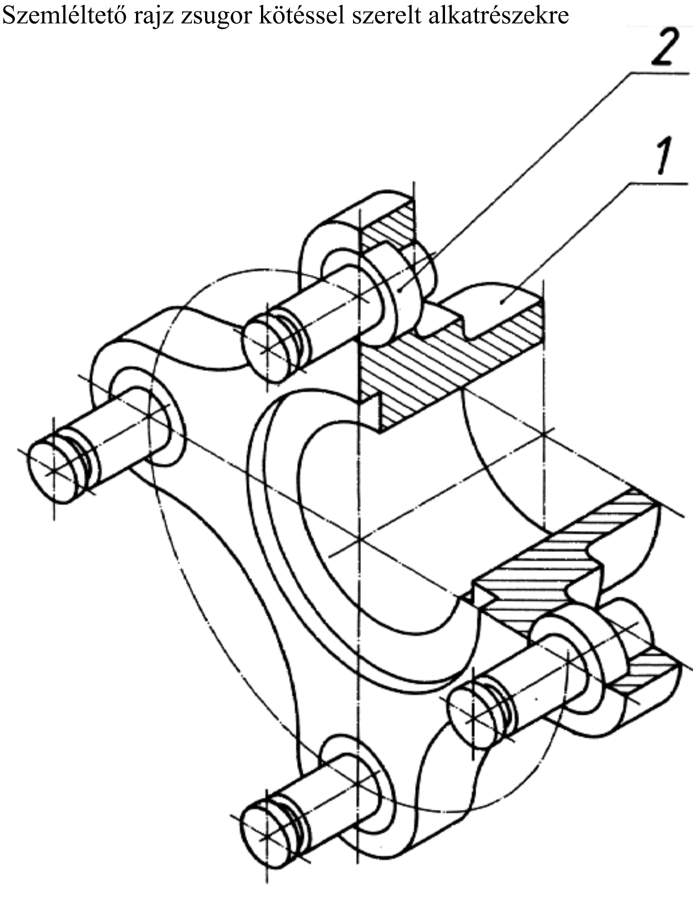
Olajnyomásos szerelésnél az illeszkedő felületek közé injektorral vagy dugattyús szivattyúval olajat nyomnak, így a kötés elemei egymáshoz képest kis erővel elmozdíthatók. Enyhén kúpos (kúp 1 : 30) kötéseknél mind a szerelés, mind az oldás könnyen elvégezhető. A **293. ábrán** szemléltető rajz látható sajtolt kötéssel szerelt alkatrészekre.

Szemléltető rajz sajtolt kötéssel szerelt alkatrészekre



292. ábra

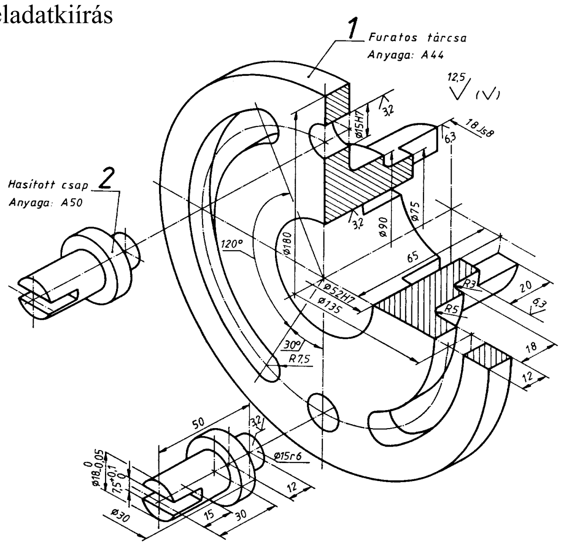
Szemléltető rajz zsugor kötéssel szerelt alkatrészekre



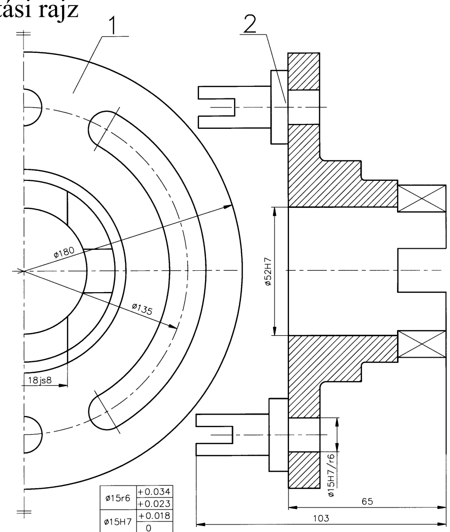
293. ábra

19.3. Szilárd illesztésű kötések rajzi ábrázolása

Sajtolt kötés
Feladatkiírás

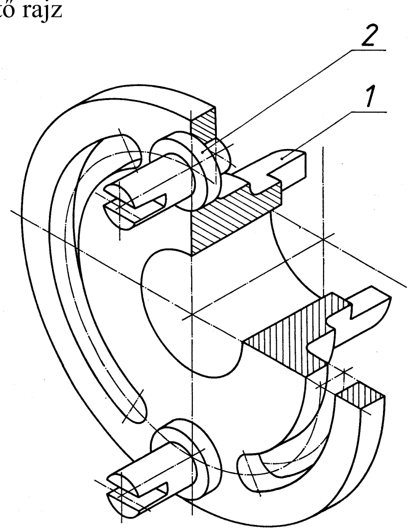


Összeállítási rajz



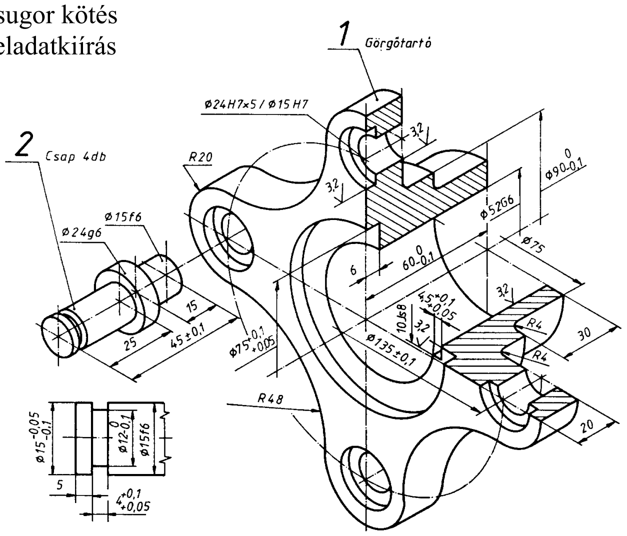
ø15r6	+0.034 +0.023
ø15H7	+0.018 0
ø52H7	+0.030 0
18js8	+0.013 −0.013

Szemléltető rajz

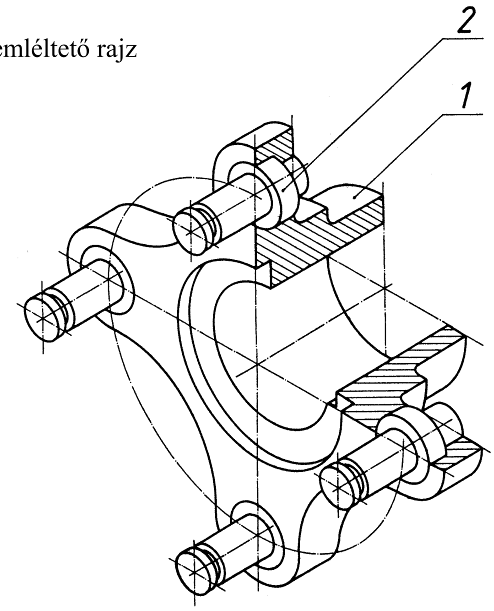


294. ábra

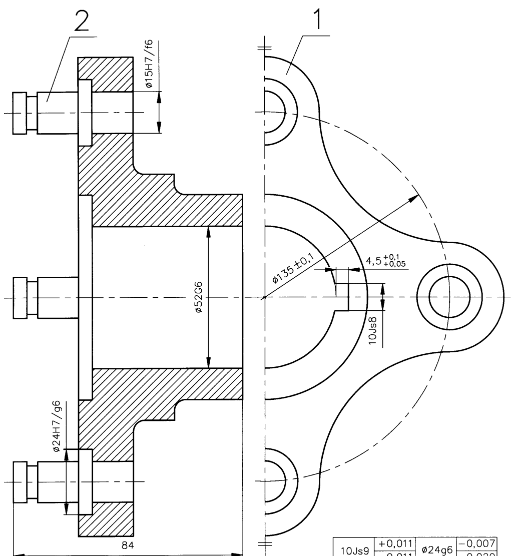
Zsugor kötés
Feladatkiírás



Szemléltető rajz



Összeállítási rajz



10Js9	+0,011 −0,011	ø24g6	−0,007 −0,020
ø15f6	−0,016 −0,027	ø25H7	+0,021 0
ø15H7	+0,018 0	ø52G6	+0,029 +0,010

295. ábra

20. Csapágyak, csapágyazások

A járművek, gépek, berendezések tengelyei, forgó alkatrészei valamilyen csapágyazással kapcsolódnak a gépegység házához.
A csapágyazás lehet sikló- vagy gördülőcsapágyazás.
A siklócsapágyaknál a tengely felülete elcsúszik a csapágypersely felületén. Ezt az elcsúszást az olajfilm segíti.
A gördülőcsapágyazásnál a tengelyre szerelt - legtöbbször külső és belső gyűrűben zárt egységet képező - gördülőcsapágy gördülőtestei (golyó, görgő, kúpgörgő, tűgörgő) elfordulhatnak, ezáltal a tengely számára könnyű forgást tesznek lehetővé.

20.1. Siklócsapágyak

A forgómozgást végző gépalkatrészeket (fogaskerekeket, lánckerekeket, szíjtárcsákat stb.) a csapágyak támasztják meg. A forgó alkatrész tengelyének csapjait oly módon támasztja a csapágy, hogy az a forgást ne akadályozza. A tengely csapja közvetlenül nem érintkezik a csapággyal, köztük kenőanyag van, ezért a felületek egymáson siklanak (siklócsapágy).
Kétféleképpen működő siklócsapágyat különböztetünk meg:
- álló tengely körül a csapágy forog (pl. a kocsikerék csapágya).
- álló csapágyban a tengely forog (leggyakrabban előforduló eset, pl. a gépkocsi motor főtengely nyugvó csapágyai).

Az ellentétes jellegű működés közös jellemzői:
- a csapágyfurat és a tengelycsap keresztmetszete kör,
- a felületek egymáson csúsznak (siklanak),
- a csúszást kenéssel tudjuk elősegíteni.

Az ilyen működési feltételekkel dolgozó gépelemeket siklócsapágyaknak nevezzük. A siklócsapágyak rendeltetése a forgómozgás biztosításán kívül a tengelyre ható erők felvétele (támasztás). A csapágyazás a gépeknek nagyon gyakori eleme mert az alkatrészek nagy része energiatovábbítás közben forgómozgást végez.
Az energia továbbítása azonban csak *veszteséggel* lehetséges. A csap és a csapágy közötti súrlódás melegedést okoz, a melegedésre elhasználódott energia munkavégzésre nem alkalmas. A súrlódás és ezzel a csapágyazás vesztesége kenéssel csökkenthető, de teljesen meg nem szüntethető.

20.1.1. A siklócsapágyak fajtái, szerkezeti kialakítása

Az alkalmazás körülményeitől függően a csapágyszerkezetek sokféle változata fejlődött ki. Leggyakrabban használt csapágytípus a hordozó csapágy.

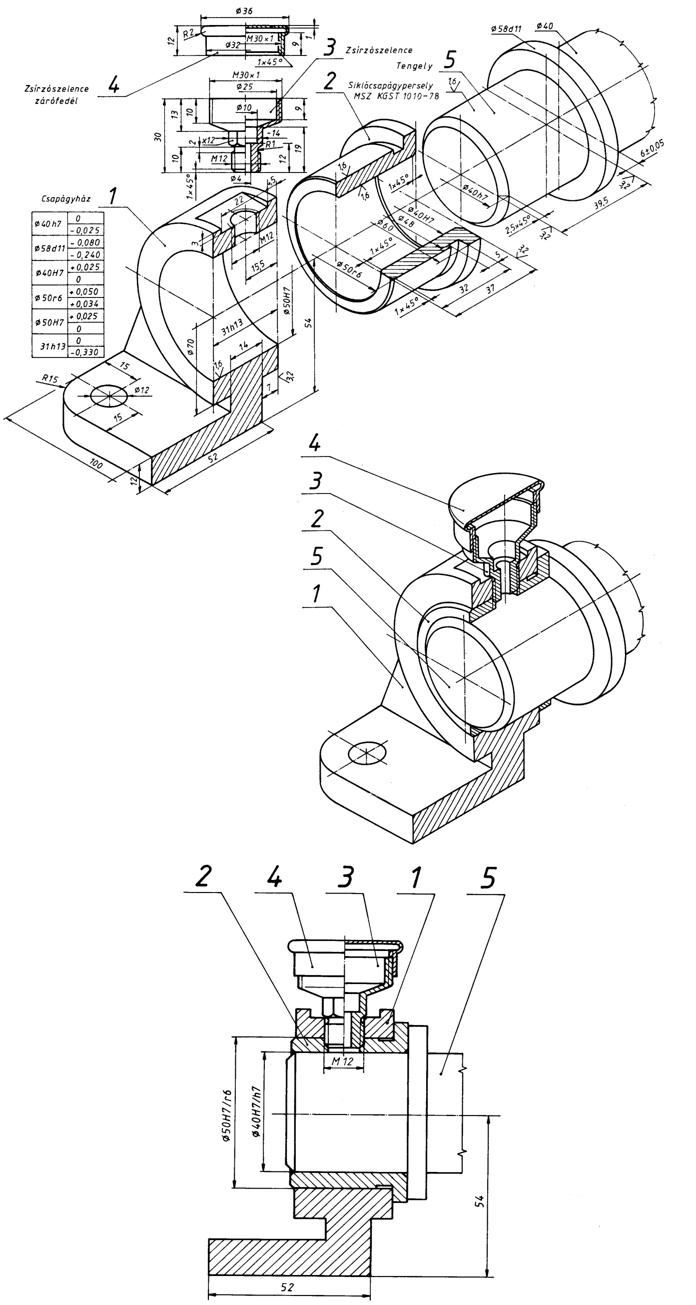
Szemcsapágyak
A legolcsóbb és legegyszerűbb szerkezetű hordozócsapágy a szemcsapágy. A ház egyetlen öntvényből készül. Anyaga acél vagy öntöttvas. Persellyel és persely nélkül egyaránt használatos. Perselyezett kivitelben a csapágy a persely felszabályozása vagy cseréje útján könnyen javítható.

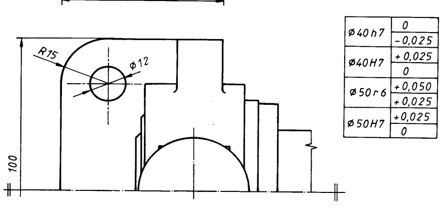
Osztott csapágyak
Ha a tengely vagy a csapágy tengelyirányban nem szerelhető, akkor a csapágyházat és a perselyt is az átmérősík mentén osztani kell.

Támasztó csapágyak
Tisztán tengelyirányú vagy főleg tengelyirányú terhelés felvételére a tengelyt támasztó csapágyba kell szerelni.
A talpcsapágy a függőleges tengelyt a végénél támasztja meg.

20.1.2. Siklócsapágyak ábrázolása

A siklócsapágyak ábrázolása nem tér el az eddig tanultaktól. A csapágyperselyeket metszetben ábrázoljuk (**296. ábra**).
A fém (bronz, réz stb.) csapágyperselyek méreteit szabványban írják elő. A perem nélküli és peremes és az önbeálló csapágyperselyek rajzát és méreteit az **24,** a **25** és a **26. táblázat** szemlélteti.
A fémből készült csapágyperselyek csúszástulajdonságait javítani lehet, ha ún. *csapágyfémötvözettel* kiöntjük a csapágycsészét (csapágyperselyt). A géprajzban kettősfém csapágypersely esetén (vékony csapágyfémek esetén) a csapágyfémet kiemelt vonallal ábrázolhatjuk, ill. méretarányos rajzon a csapágyfém méretének megfelelően befeketíthetjük

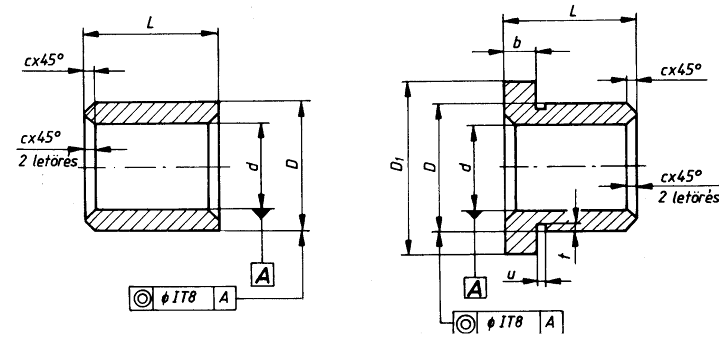




296. ábra

Siklócsapágyak 24. táblázat

Fém siklócsapágypersely **A** hengeres, és **B** peremes alakú lehet. Anyaguk általában SnBz2, SnBz4, SnBz6.
A belső és külső hengerpalást ajánlott átlagos érdessége R_a = 1,6μm, a többié R_a = 6,3μm. A **B** alak *u* és *t* méreteit szabadon választhatjuk meg. Az átmérőt 2, a hosszt 3 féle méretből lehet választani.

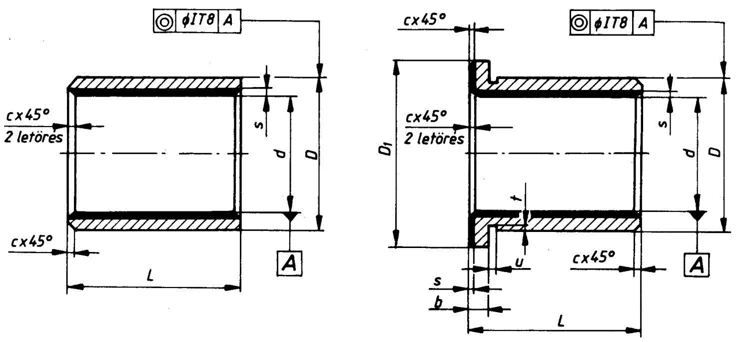


A alak B alak

d	D, (r6)		D_1	L, (h13)			B	V
(F7)	1. sorozat	2. sorozat	(d11)	1. sorozat	2. sorozat	3. sorozat		
6	10	12	14					
8	12	14	18	6	10	-	3	0,3
10	14	16	20					

25. táblázat

Kettősfém siklócsapágypersely **MSZ ISO 4379:1994**

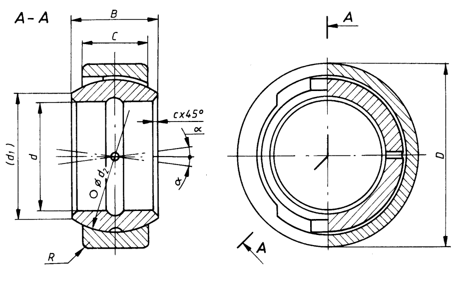


d (F7)	D (r6)	D1 (d11)	L, (h13)			b	v	s	
			1. sorozat	2. sorozat	3. sorozat			-tól	-ig
85	100	110		80	100	7,5			
90	110	120	60				1	0,9	1,5
95	115	125		100	120	10			

26. táblázat

Siklócsapágyak **MSZ ISO 4379:1994**

A gömbcsuklós siklócsapágy a tengelyvég viszonylag kisméretű elmozdulását teszi lehetővé.
α a külső és a belsőgyűrű tengelyének egymással bezárt legnagyobb megengedett szöge.



d	D	B	C	d1(min)	d2	r	r_1	α(°)
4	12	5	3	6	8			16
5	14	6	4	8	10			13
6	14	6	4	8	10	0,5	0,5	13
8	16	8	5	10	13			15
10	19	9	6	13	16			12

20.2. Gördülőcsapágyak

Forgó tengelyek alátámasztása, a tengely mozgásának vezetése gördülőcsapágyazással is megoldható. Az elmozduló felületek közé a súrlódás csökkentésére gördülőelemeket tesznek, a két mozgó felület a gördülőelemeken keresztül érintkezik. A gördülőcsapágy belső gyűrűjébe helyezik a tengelyt, a csapágyházba kerül a külső gyűrű. Mindkét gyűrűben a gördülőtestek részére edzett és fényesített futópályát képeznek ki.

A csapágyak *gördülőtestei* különböző alakú forgásfelületek, golyó, henger, csonkakúp, szimmetrikus vagy aszimmetrikus hordóalakúak. A gördülőtestek egyenletes elosztását a kerületen a *csapágy kosara* biztosítja, amely körbefogja a gördülőelemet és megakadályozza annak oldalirányú elmozdulását. A kosár a gördülőtesténél lágyabb anyagból készül, lágyacéllemezből, sárgarézből, bronzból vagy könnyűfém ötvözetből, esetleg műanyagból.

A sikló- és a gördülőcsapágyak feladata azonos. Mindkét csapágyfajtának meg vannak az előnyös és hátrányos tulajdonságai. A súrlódási tényező a gördülőcsapágyban általában kisebb mint a siklócsapágyban, és nem függ a fordulatszámtól. Ez a tulajdonság főleg indításkor előnyös nagytömegű tengelyeknél. A siklócsapágyban csak a tiszta folyadéksúrlódás kezdeténél kisebb a súrlódási tényező, mint a gördülőcsapágyban. A változó forgásirány a gördülőcsapágy működését nem befolyásolja, siklócsapágyét igen. A gördülőcsapágy üzem közben nem igényel különösebb gondozást, kenőanyag fogyasztása kicsi, a tengely és a csapágyház nem kopik.

A *gördülőcsapágy* legfontosabb *előnye,* hogy a kereskedelemben kapható árucikk, amelynek méretei meghatározott pontossággal készülnek. A csapágyak szerelésekor elmarad a siklócsapágyaknál alkalmazott perselykészítési és kézi illesztési művelet. A gördülőcsapágyat meghibásodása esetén *egyszerű szerelési művelettel cserélni lehet.*

A *siklócsapágyak* legfontosabb *előnye* a gördülőcsapágyakkal szemben a *sima, zajmentes járás*. A csapágyban keletkező rezgéseket siklócsapágynál az olajfilm rugalmasságánál fogva csillapítja és nem adja át a gép többi részének.

A gördülőcsapágyak gördülőtestei váltakozva kerülnek a terhelőerő hatásvonalába, ahol rugalmas alakváltozást szenvednek és a csapágy rezgésbe jön.

20.2.1. A gördülőcsapágyak fajtái, beépítése

A gördülőcsapágyak fajtái

A gördülőcsapágyakat több szempont szerint lehet osztályozni.
A gördülőtestek alakja szerint csoportosítva:
- golyós csapágyak,
- görgős csapágyak

A futópályát tartalmazó alkatrészek alakja szerint:
- gyűrűs csapágyak,
- tárcsás csapágyak.

A *gyűrűs csapágyak* gyűrűinek vastagsága a csapágy szélességénél kisebb, főleg sugárirányú terhelések fölvételére alkalmasak. A *tárcsás csapágyak* vastagsága nagyobb, szélessége kisebb, ezek a csapágyak főleg tengelyirányú terhelések felvételére alkalmasak. Készülnek olyan csapágyak is ,amelyek mindkét irányban terhelhetők, ezek a radiax csapágyak.

Szerkezeti szempontból a csapágyak osztályozhatók:
- merev és
- beálló csapágyakra.

A beálló csapágyak a házfurat és a tengelyközépvonal bizonyos szögeltérése esetén is helyesen működnek.

A gördülőtestek elhelyezése szerint vannak egysoros, kétsoros és többsoros gördülőcsapágyak.

A gyűrűs golyóscsapágyak gyakran alkalmazott fajtája az egysorú, mélyhornyú golyóscsapágy. Főleg sugárirányú erővel terhelhető, a futópályák vállai a tengelyirányú terhelést is felveszik. Kosara sajtolt lemezkosár, amelyet két részből készítenek, és szegecseléssel kapcsolnak össze. Merev csapágytípus, a csapágyház furatának és a tengely középvonalának megengedett legnagyobb szögeltérése 1/2°. Nagy fordulatszámú tengely csapágyazására alkalmas. A gyűrűs golyóscsapágyakat készítik két vagy három golyósor alkalmazásával is. Ezeknél a csapágyaknál a golyósorok nem egyenletes terhelésűek.

A *beálló gyűrűs golyóscsapágyat* olyan esetekben használják, amikor a házfurat és a tengelycsap egytengelyűsége nem biztosítható. A külső gyűrűben kialakított futópálya gömbfelületű, ezért 2-3° szögeltérés a csapágy működését nem befolyásolja. Elsősorban közlőmű tengelyek csapágyazására használják, kismértékű axiális terhelés felvételére is alkalmas.

A csapágyakban *nagyobb terhelések* felvételére nem golyót, hanem *görgőket* alkalmaznak. A görgők egy vonal mentén fekszenek fel a gyűrűk futópályáiban, deformációjuk kisebb, mint a golyóké.

A *henger- és hordógörgős csapágyakat* a nagy terhelések felvétele mellett nagy futáspontosság és élettartam is jellemzi. Beálló csapágytípusaik 2-3°os tengely szögeltérést engednek meg, jól bírják a dinamikus igénybevételeket, ezért vasúti kocsik, szivattyúk és turbinák csapágyazásaihoz is használhatók.

Nagy terhelésű gépek csapágyazásánál - ha sugárirányban kevés hely áll a csapágyazás rendelkezésére - tűgörgős csapágyat használnak. A tűgörgős csapágy csak sugárirányú erővel terhelhető.

A *kúpgörgős csapágy* tengely- és sugárirányú erők felvételére alkalmas. A görgő alakja biztosítja a kopás okozta méretváltozás utánállítását. A kúpgörgős csapágyakat kétirányú axiális erő fölvételére mindig párosával kell a tengelyre építeni.

Az SKF Főkatalógus tartalmazza a csapágyak típuskínálatát, az egyes típusok szemléltető képének bemutatásával.

A gördülőcsapágyak beépítése

Mélyhornyú golyóscsapágy szokásos *beépítését* láthatjuk a **299. ábrán**. A belső gyűrűt csapágyanya rögzíti. Az anyát fogazott biztosítólemez biztosítja. A kerületen levő taréjok egyikét az anya hornyába hajlítjuk, a belső nyelve pedig a tengelyhoronyba nyúlik.

A tengely vállmagassága nem lehet tetszés szerinti. A váll tövének lekerekítési sugarát a megfelelő felfekvés miatt kisebbre kell készíteni, mint a csapágygyűrű lekerekítési sugarát.

A csapágy kenését a ház menetes furatába csavart zsírzószelence végzi, és a trapéz keresztmetszetű nemezgyűrű tömít (**300. ábra**).

Csapágyanya helyett - rugalmas rögzítőgyűrűt, ún. Seegergyűrűt is használhatunk (**297** és **299. ábra**). A tengelyre vagy a házba hornyot esztergálunk és a rugós gyűrűt a füleken levő furatoknál - alkalmas szerszámmal - megfogva kifeszítjük és a horonyba helyezzük.

20.2.2. Gördülőcsapágyak ábrázolása

A gördülőcsapágyak ábrázolása lehet:

- egyszerűsített,
- egyezményes vagy
- jelképes.

A gördülőcsapágyakat azonban - bármelyik ábrázolási formában rajzoljuk - az összeállítási rajz darabjegyzékében meg kell adni a típusát, a számát és kiegészítő jelzéseit.

Egyszerűsített ábrázolás esetén a (**297. ábra**).

Nézetben a külső és a belső gyűrűket folytonos vastag vonallal ábrázoljuk és egy gördülőtestet kirajzolunk. A gördülőtestek rajzolásakor nem vesszük figyelembe, hogy a külső, ill. a belső futógyűrű hornya annak bizonyos részét eltakarja.

Metszetben nem rajzoljuk meg a golyóskosarat, a tömítőszelencét, a porvédőlemezt stb., és elhagyhatók az éltompítások, lekerekítések is. Egyes esetekben - pl. az egysorú, mélyhornyú csapágyak esetében - elhagyható a gyűrűk gördülőpályájának a kirajzolása is.

Ha a gördülőcsapágyat a műszaki rajz darabjegyzékében egyértelműen meg tudjuk határozni (az esetek többségében ez a szabványos jelölési móddal lehetséges), akkor egyezményes ábrázolást alkalmazhatunk (**298. ábra**). Egyezményes az ábrázolás akkor, ha a csapágy kontúrvonalát márethelyesen megrajzoljuk, a kontúrvonalon belül pedig folytonos vékony vonallal átlót húzunk. Így jelöljük, hogy a rajzon az ábraszámmal jelölt helyen a darabjegyzékben meghatározott gördülőcsapágy van.

Az egyszerűsített ábrázolás még mindig túl részletesnek bizonyul, az egyezményes ábrázolás pedig semmiféle utalást nem ad a csapágy felépítésére. Pontosabb információkat nyújt tehát a jelképes ábrázolási forma az *egyezményes ábrázolásnál.*

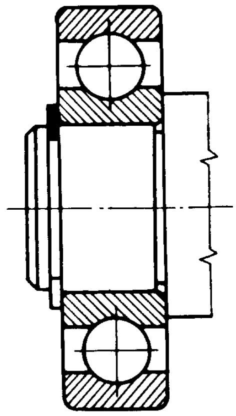
A *jelképes ábrázolásnál* mérethelyesen rajzolt külső, ill. belső gördülőcsapágy átmérő (amely megegyezik a csapágyfészek, ill. a tengely átmérőjével) közé a csapágy jellegének megfelelő rajzjelet illesztünk. A rajzjelet vastag vonallal rajzoljuk. Ez egyben utal a gördülőcsapágy felépítésére és méretére is. A gördülőcsapágy jelképeket a **27. táblázat** tartalmazza. Kiegészíthetők a jelképes ábrák a csapágy szerkezeti (pl. porvédő lemez, rögzítőgyűrű hely stb.) jelöléseivel is.

A kinematikai rajzokon ábrázolható csapágyak egyszerűsített jelképeit is meghatározták. A jelképek ábrázolási módját mutatja a 63. táblázat.

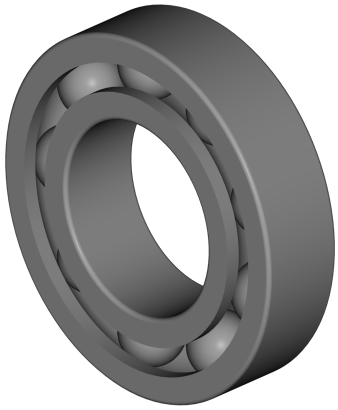
Kizárólag azt jelöljük a rajzon, hogy az elem (pl. a tengely) a jelölt részen radiális sugárirányú) csapágyazással van ellátva.

20.2.3. Csapágybeépítések ábrázolása

A gördülőcsapágy beépítése, a házban és a tengelyen való rögzítés módja elsősorban funkciójától függ. Beépíthetjük a csapágyakat elmozdulást lehetővé tevő szabad csapágyként, mereven megfogott vezetőcsapágyként vagy oldalról megtámasztott csapágyként. Bármely csapágygyűrű rögzíthető radiális és axiális irányban. A csapágy radiális, pontosabban kerület menti rögzítése szempontjából a gyűrűk illesztése a mérvadó. Az axiális irányban való rögzítéshez azon több esetben külön geometriai vagy szerkezeti elemek, pl. vállak, hornyok, hüvelyek, rögzítőgyűrűk, fedelek, anyák stb. szükségesek (**299. ábra**).

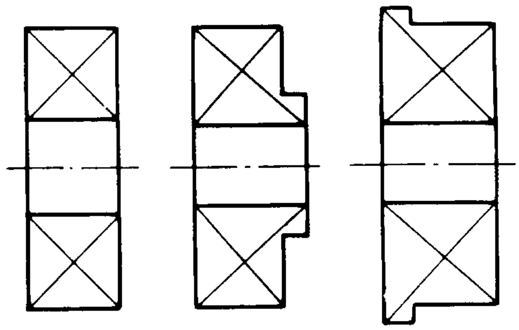


Szemléltető rajz

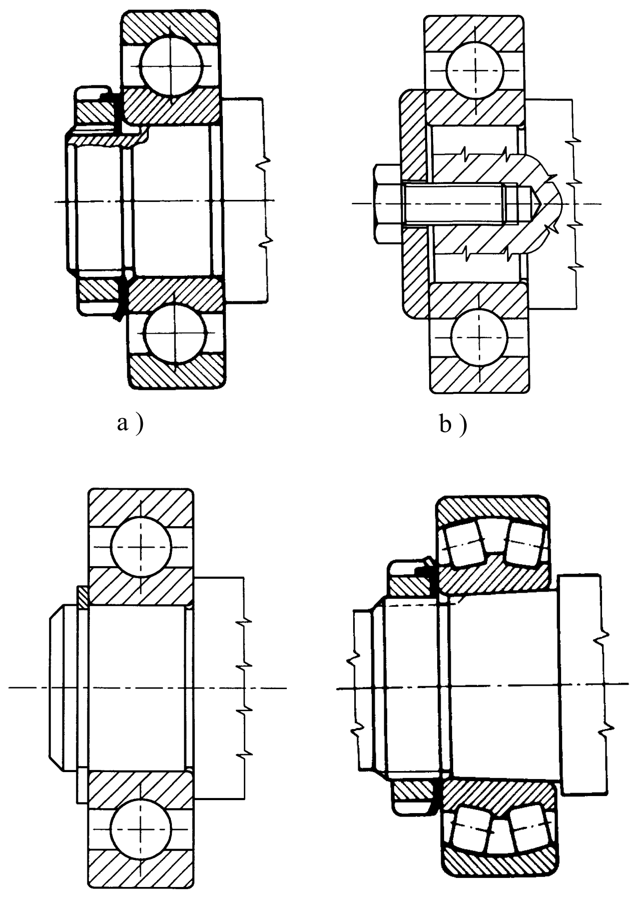


Genius Desktop programmal készített 3D szilárdtest modell

297. ábra



298. ábra



a)   b)

c)   d)

299. ábra Csapágyak rögzítési módjai

Kétoldali, tengelyirányú *erő felvételére* alkalmas csapágyak együttes alkalmazása esetén csak az egyik csapágy külső gyűrűjét szabad megfogni (itt csak néhány tized a hézag; **301. ábra**). Ha ezt nem vesszük figyelembe, a tengely hőtágulása, vagy az esetleges beépítési és megmunkálási pontatlanságok a csapágyakat befeszíthetik. A rögzített csapágy a vezetőcsapágy.

Ferde hatásvonalú csapágyak beépítésére láthatunk példát a **302. ábrán**. Személygépkocsik első kerekének csapágyazására használatos. Kúpgörgős csapágyak beépítésére ott kerül sor, ahol a radiális erők mellett jelentős axiális erők is hatnak. (Például motorkerékpárok első kerekének csapágyazásai.)

A **303. ábrán** beépítési példát látunk szíjtárcsa csapágyazására.

Gördülőcsapágy beépítés szemléltető képét és összeállítási rajzát mutatja a **304. ábra**.

A gördülőcsapágyak beépítésének szabályai:

1. A tengely és a csapágyfészek központos legyen. Kis eltérés is feszülést okoz, s megrövidíti a csapágy élettartamát.
2. Osztott csapágyházak esetén a külső gyűrű ne deformálódjon. A csapágyház részeinek összecsavarozásakor az a veszély áll fenn, hogy a csavarokat nagyon meghúzzuk, és ez a gyűrű torzulását okozhatja.
3. Tárcsás csapágyak sugárirányú erővel nem terhelhetők!
4. Hengergörgős csapágyak főleg sugárirányú terhelésre alkalmasak. Kismértékű radiális terheléssel csak azok a csapágyak terhelhetők, amelyek külső és belső élénél váll vagy azt helyettesítő gyűrű van.
5. Ha egy tengelyre két vagy több - tengelyirányú erő felvételére is alkalmas - csapágyat szerelünk, akkor tengelyirányban csak ezt szabad megfogni, ez a vezetőcsap.
6. Ha a csapágyfészek egytengelyűsége nem biztosítható, akkor önbeálló csapágyat alkalmazzunk.
7. A csapágyak illesztésére a katalógusok utasításai az irányadóak. Forgó tengelyek csapágyazásakor a belső gyűrűt mindig szorosan illesztjük a tengelyre, de ezenkívül tengelyirányú megfogás is szükséges.
8. Ha a belső gyűrűt közvetlenül a tengelyre húzzuk fel, ezen a szakaszon a tengelyt köszörülni kell.
9. Túlfedéssel szerelt belső gyűrű esetén a csapágyat fel kell melegíteni (kb. 80°C-ra).
10. Ha a csapágyat kúpos hüvelyre húzzuk, a tengely finom megmunkálása (köszörülése) elmarad.
11. Kétrészes csapágyház esetén a fészek furatának köszörülése a csapágy behelyezése előtti utolsó művelet legyen.

A gördülőcsapágyak szerelése

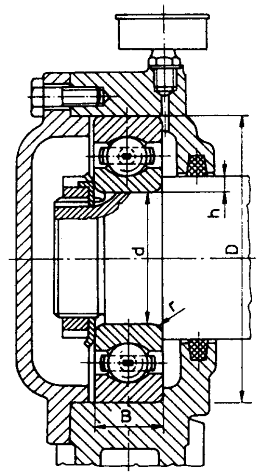
A csapágyakat *tisztán* és *gondosan* kell szerelni! A munkához tiszta levegőjű és száraz helyiséget kell kiválasztanunk, hogy se por, se vízpára ne kerülhessen a csapágyba. A por rontja a kenőanyag minőségét, a nedvesség pedig rozsdásodást (korróziót) okoz.

Az új csapágyak beszerelésekor csak a szerelés helyén közvetlenül a beépítés távolítsuk el a gyári csomagolást. A kicsomagolt csapágy rozsdavédő rétegét ne mossuk le. A konzerváló anyag jól vegyül a kenőanyaggal.

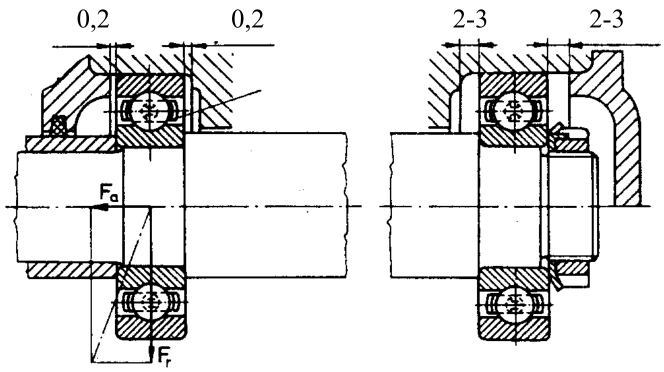
A szerelést a külső és a belső gyűrűkre, központosan kifejtett erővel végezzünk.

A szerszámok tisztaságára is ügyelnünk kell.

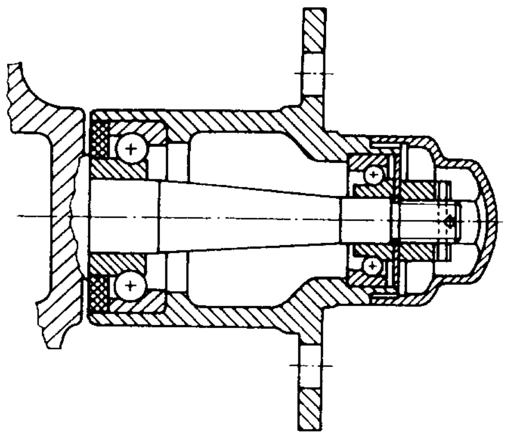
Az *ütés* teljesen *kiküszöbölhető,* ha sajtolókészülékkel végezzük a szerelést.

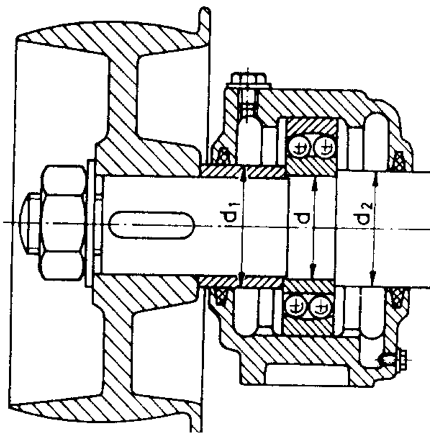


300. ábra Mélyhornyú golyóscsapágy beépítése



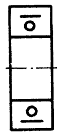
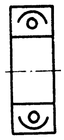
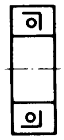
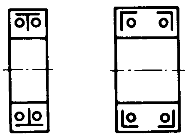
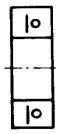
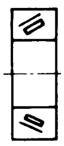
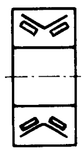
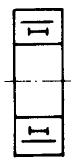
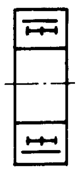
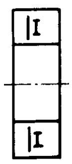
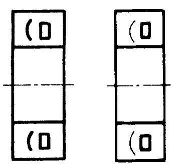
301. ábra

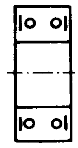
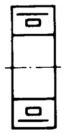
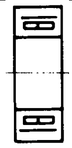
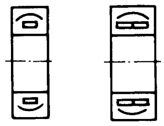
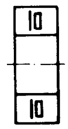

302. ábra



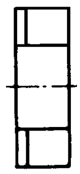
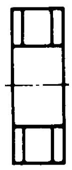
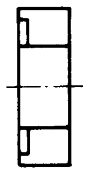
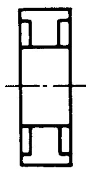
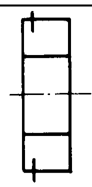
303. ábra

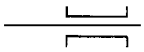
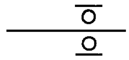
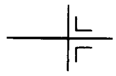
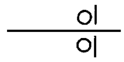
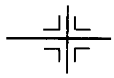
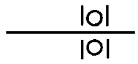
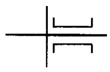
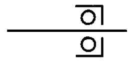
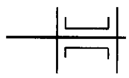
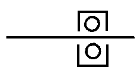
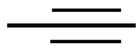
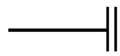
Gördülőcsapágyak jelképei 27. táblázat

Megnevezés		Ábra
Radiális golyóscsapágy	egysoros mélyhornyú	
	egysoros beálló	
Ferde hatásvonalú, radiális golyóscsapágy	egysoros	
	kétsoros	
Axiális golyóscsapágy	egyfelé ható	
Radiális kúpgörgős csapágy	egysoros	
	kétsoros	
Radiális tűgörgős csapágy	egysoros	
	kétsoros	
Axiális tűgörgős csapágy	egysoros	
Beálló, axiális görgőscsapágy	egyfelé ható	

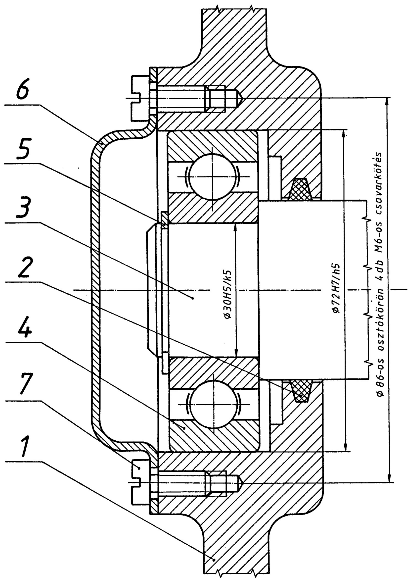
Megnevezés		Ábra
Axiális golyóscsapágy	kétfelé ható	
Radiális görgőscsapágy	egysoros hengergörgős	
	kétsoros hengergörgős	
	egy- és kétsoros beálló	
Axiális görgőscsapágy	egysoros hengergörgős	

A gördülőcsapágy szerkezeti kialakítására utaló kiegészítő jelképek

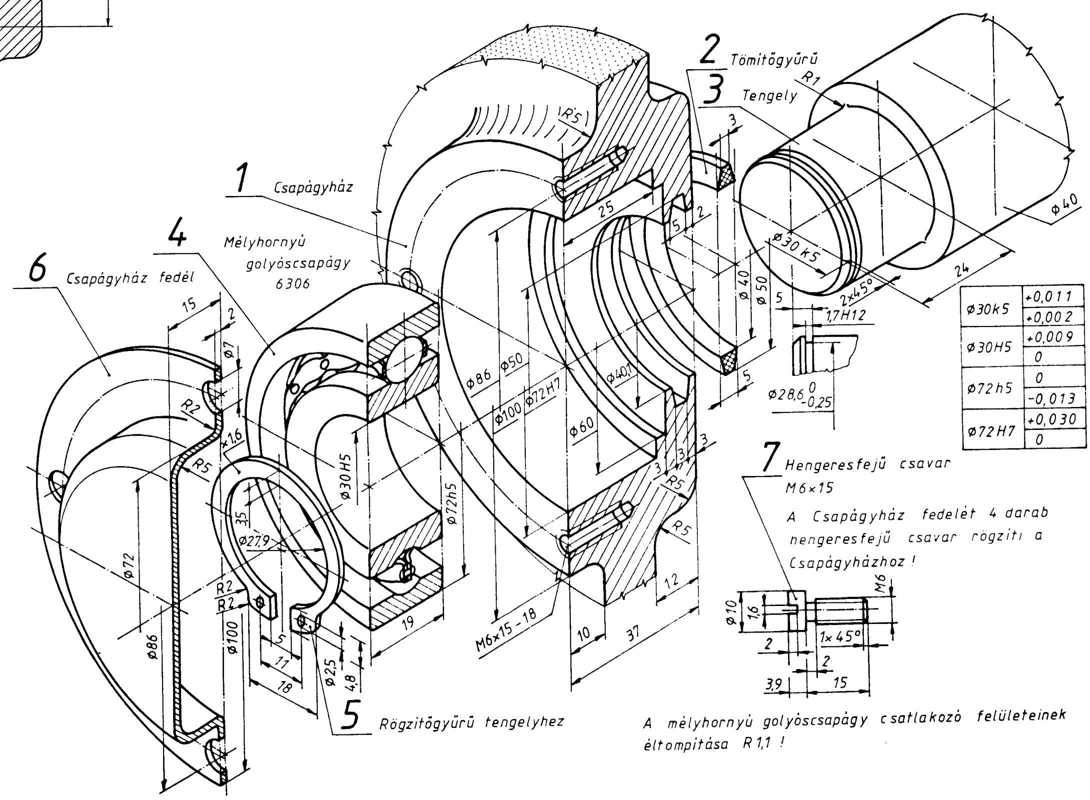
Megnevezés	Ábra
Egyoldali porvédőlemezzel	
Kétoldali porvédőlemezzel	
Egyoldali tömítőtárcsával	
Kétoldali tömítőtárcsával	
Rögzítőgyűrűvel	

Csapágyak kinematikai ábrákon		28. táblázat
Csapágyak		
megnevezés	sikló	gördülő
Radiális		
Egyfelé ható, nyomó		
Kétfelé ható, nyomó		
Egyfelé ható, ferde hatásvonalú		
Kétfelé ható, ferde hatásvonalú		
Ha a csapágyazás szerkezeti megoldása az ábrázolás szempontjából közömbös, akkor a csapágyazás jelképe:	radiális csapágyazáskor 	axiális csapágyazáskor 

Gördülőcsapágy beépítés összeállítási rajza



Gördülőcsapágy beépítés szemléltető képe



304. ábra

21. Rugók

A rugók olyan gépelemek, amelyek terhelés hatására nagymértékű, rugalmas *alakváltozásra képesek.* Ennélfogva a járműrugók alkalmasak mozgásváltozások kiegyenlítésére, a rugalmas tengelykapcsolók rugói lengések és rezgések csökkentésére, a vasúti kocsirugók ütközések erejének felfogására, a belsőégésű motorok rúgói szelepek vezérlésére, a fékrugó erőátadására, ill. az órarugó erő tárolásra.

A rugók - a sokféle felhasználásból eredően - különféle alakúak lehetnek. Anyaguk jó minőségű, ún. rugóacél, amely hidegen vagy melegen alakítható. A rugók szelvénye kör, négyzet, téglalap alakú, készülhet huzalból vagy lemezből is.

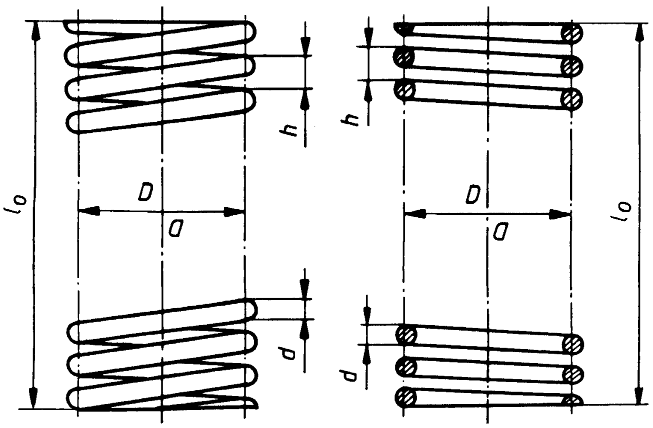
A rugóacél huzalt általában hengeres (esetenként kúpos vagy hordó alakú) testre tekercselik fel, így állítva elő a szükséges rugóerőt, rugóutat és menetszámot.

A legáltalánosabban alkalmazott rugófajta a hengeres csavarrugó.

21.1. A hengeres csavarrugó fajtái

A hengeres csavarrugó lehet *nyomó* vagy *húzó* kialakítású.

A *nyomó csavarrugó* rugómenetei az egy menet rugózó útjával távolodnak el egymástól nyugalmi (terheletlen) állapotban. Ezeknek a rugóknak a terhelése a rugó összenyomására irányul **305. ábra**. A rugóvégek kialakítását a **306-310. ábra** szemlélteti. Megfigyelhető, hogy ezek a rugóvégek egyszerűbb kialakításúak, mert a beépítésnél kívül vagy belül a nyomó csavarrugókat megvezetik.



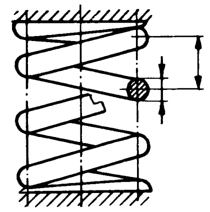
305. ábra Hengeres csavarrugó

Méretmegadás:

A hordozómenetek száma: i
A holtmenetek száma: 1-től 2-ig (behajlítva és köszörülve)
Közepes menetátmérő: D
Huzalátmérő: d
Menetemelkedés: h
A terheletlen rugóhossz: l_o
A kiindulási huzalhossz: l_s
ahol: $l_o = (i\ h) + d$ *és* $l_s = D\ \pi(i + 2)$
A rugó végfelületét a rugótengelyre merőlegesre kell köszörülni.

Rugóvégek kialakítását

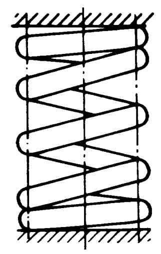
$n_z = 2$
$n_ö = n_m + 2$
$n_k = 1{,}5$



n_z = zárómenetek száma
$n_ö$ = az összes menetek száma
n_m = a működő menetek száma
n_k = a síkra köszörült menetek száma

306. ábra Zárt végű rugó köszörült felfekvő felülettel

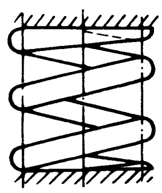
$n_z = 2$
$n_ö = n_m + 2$
$n_k = 0$



n_z = zárómenetek száma
$n_ö$ = az összes menetek száma
n_m = a működő menetek száma
n_k = a síkra köszörült menetek száma

307. ábra Zárt végű rugó köszörületlen felfekvő felülettel

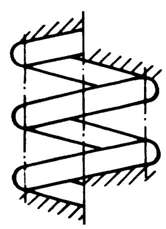
$n_z = 2$
$n_ö = n_m + 1{,}5$
$n_k = 1{,}5$



n_z = zárómenetek száma
$n_ö$ = az összes menetek száma
n_m = a működő menetek száma
n_k = a síkra köszörült menetek száma

308. ábra Nyitott végű rugó köszörült felfekvő felülettel

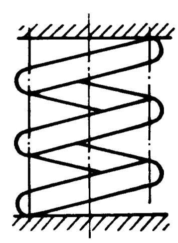
$n_z = 0$
$n_ö = n_m + 1{,}5$
$n_k = 0$



n_z = zárómenetek száma
$n_ö$ = az összes menetek száma
n_m = a működő menetek száma
n_k = a síkra köszörült menetek száma

309. ábra Nyitott végű rugó köszörületlen felfekvő felülettel

$n_z = 0$
$n_ö = n_m$
$n_k = 0$



n_z = zárómenetek száma
$n_ö$ = az összes menetek száma
n_m = a működő menetek száma
n_k = a síkra köszörült menetek száma

310. ábra Nyitott végű rugó köszörületlen felfekvő felülettel

A *húzó* csavarrugó rugómenetei nyugalmi (terheletlen) állapotban összeérnek (311. ábra).

Méretmegadás:

A hordozómenetek száma: i

A holtmenetek száma: 2 (a rögzítőszem kialakításához egy teljes menet szükséges)

Közepes menetátmérő: D

Huzalátmérő: d

Szemátmérő: D_o

Hajlítási sugár: R

A rugó terheletlen hossza: l_o

Rugóhossz a szemek nélkül: I_k

A rögzítőszem nyitottsága: m

A felhasznált huzalhossz: 1_s

ahol:

$I_k=(i+1)d$

$l_o= (i+ 1)d+2(D-d)$

$I_s=Dn(i+2)$ 181. ábra

A rögzítőszem irányát és az esetleges különleges kialakítást pótlólagosan meg kell adni.

21.2 Hengeres rugók ábrázolása

A rugókat ábrázolhatjuk *metszetben és nézetben, részletesen* vagy *jelképesen.* A részletes ábrázolás során is több egyszerűsítést alkalmazunk. Így pl. a csavarrugó menetének kontúrvonalát egyenes vonalakkal rajzoljuk, holott ez a valóságban nem egyenes hanem egy szinusz jellegű görbe.

A hossztengelyük irányában terhelhető csavarrugók ábrázolási példáját mutatja a **29. táblázat**.

A vékony huzalból (lemezből) készült rugó szelvényét befeketíthetjük. *Befeketítéssel* a kb. 2 mm alatti huzalátmérőjű vagy lemezvastagságú rugószelvényt ábrázoljuk. A rugók menetemelkedését mérethelyesen rajzoljuk. A metszetben ábrázolt rugó rajzolásakor az egyik szelvényhez képest a kapcsolódó másik szelvényt fél menetosztással eltolva rajzoljuk meg (**312. ábra**).

A *részletesen kirajzolt* rugó metszetében a huzal-szelvényeket 45°-os vonalkázással látjuk el. A rugóvégződéseket a valóságnak megfelelően ábrázoljuk.

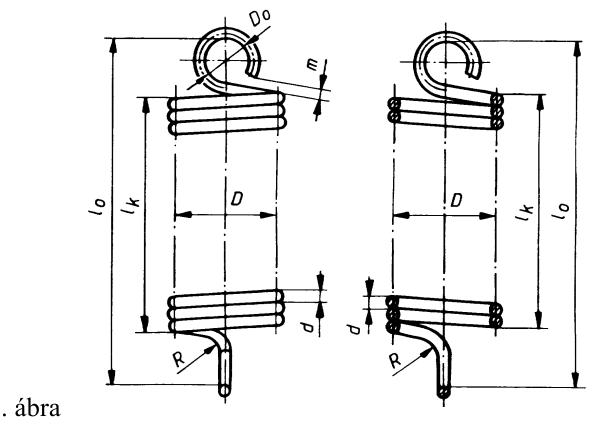
Összeállítási rajzokon általában elegendő, ha a rugót *jelképesen* ábrázoljuk. A metszetben ábrázolt összeállítási rajzon a rugót is metszetben, a nézeti képen ábrázolt összeállítási rajzon nézetben ábrázoljuk! Ha a rugómenetek száma meghaladja a négyet (azaz több mint négy), akkor nem szükséges valamennyi rugómenetet megrajzolni. Ekkor elegendő a csatlakozó menetvégek és még további egy-egy menet kirajzolása, a középrész rajzát elhagyhatjuk.

Jelképes ábrázoláskor a rugót jelképező vonalat folytonos vastag vonallal rajzoljuk.

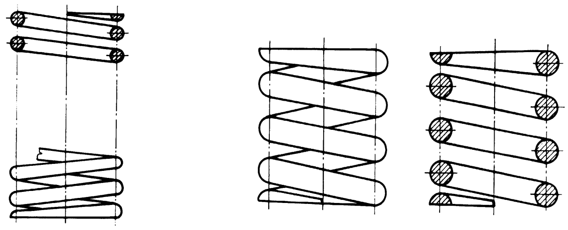
16.1.2. Hengeres rugók műhelyrajza

A hengeres csavarrugót *a gyártáshoz pontosan meg kell határozni.*. Az így meghatározott rugót műhelyrajzon ábrázolják (**313. ábra**). A műhelyrajzon kitérnek a rugó kialakítására, annak műszaki feltételeire (pl. tűrésre, hőkezelésére) és pontosan kiszerkesztik a rugóvégek kialakítását, annak kapcsolatát a csatlakozó alkatrészhez.

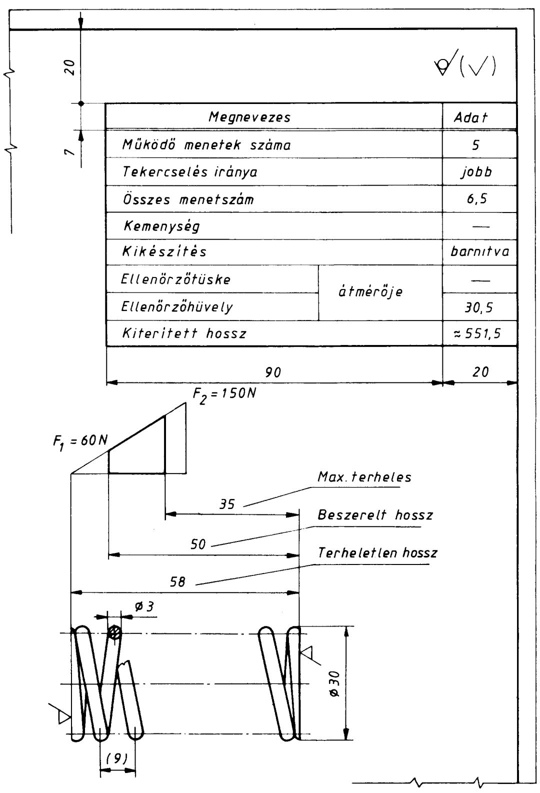
Attól függően, hogy a beépítésre kerülő rugót a *belső vagy a külső átmérőjén vezetik-e meg*, a belső, ill. a külső átmérőjét kell beméretezni. A gyártás során ezt a méretet kell tartani.



311. ábra

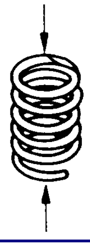
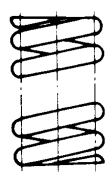
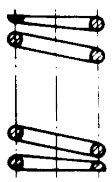
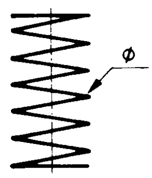


312. ábra



313. ábra

29. táblázat

<table>
<tr><th colspan="4">Hossztengelyük irányában terhelhető csavarrugók ábrázolása</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Hengeres csavarrugó nyomórugó</td><td colspan="3">a rugó ábrázolása</td></tr>
<tr><td colspan="2">részletesen</td><td rowspan="2">jelképesen</td></tr>
<tr><td>nézetben</td><td>metszetben</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

22. Hajtások

A gépjárműtechnikai gyakorlatban a tengelyek közötti kapcsolat megvalósítására, a nyomaték és a fordulat átvitelére, módosítására hajtásokat alkalmazunk.
A hajtások forgásátszármaztatása létrejöhet a súrlódó erő (dörzshajtás, szíjhajtás) és kényszerkapcsolat (fogaskerék-, lánchajtás) segítségével.

22.1. Szíjhajtások

Távolabb fekvő tengelyek közötti forgatónyomaték átadására végtelenített szíjhajtást alkalmaznak. Szíjhajtásnál a forgatónyomatékot a hajtószíj és a szíjtárcsák érintkező felületein keletkező súrlódás viszi át. A végtelenített súrlódásos hajtásokat közös néven *hevederhajtásnak* is nevezik. Szerkezeti kialakításuk egyszerű. A tengelyekre egy nagy szíjtárcsát ékelnek, amely lehet sima vagy hornyolt. A tárcsákra feszítik ki a szíjat, amely tapadás útján viszi át a forgást. A tengelyek között nincs kényszerkapcsolat, a szíjak kismértékű csúszásával mindig számolni kell. A szíjhajtás előnye az egyszerű szerkezet, a kis zaj és biztonságos üzemelés. Hátránya, hogy nagy a szíjtárcsa tengelyén lévő csapágyak terhelése és nagyok a forgó tömegek.

22.1.1. Lapos bőr- és gumiszíj hajtás

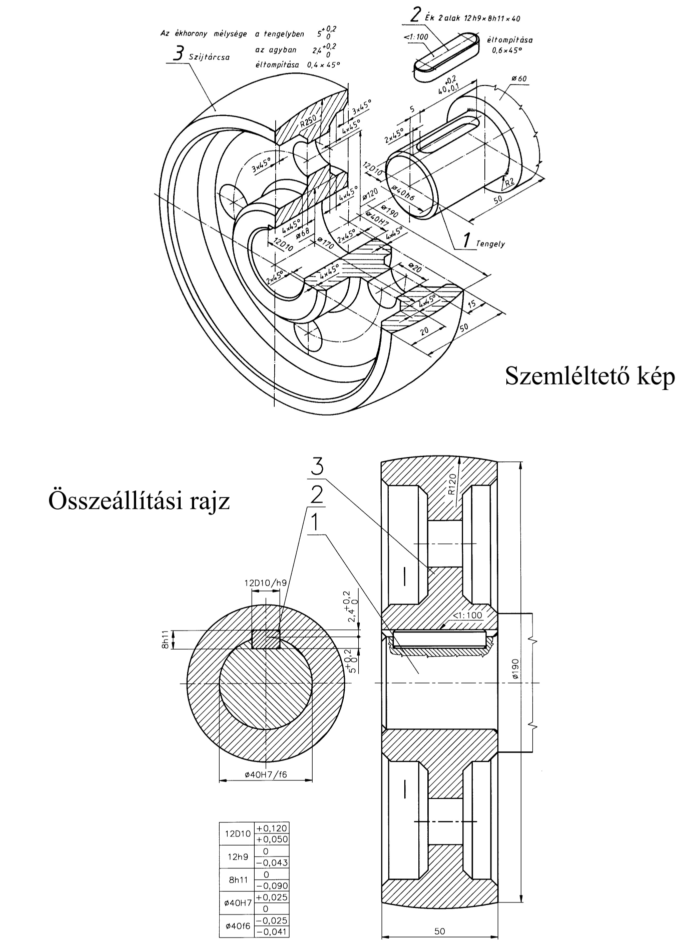
A szíj anyaga legtöbbször természetes állati bőr. A bőrszíjakon kívül használatosak még a textilszíjak, amelyek kender, len, pamut, teveszőr, vagy selyem anyagból készülnek. A gumi hajtószíjak két, vagy többrétegű szövetbetéttel készülnek. Rugalmasságuk és élettartamuk nagyobb, végtelenítésük könnyebb. Nagy teljesítmények átvitelére, nagy kerületi sebesség mellett is megfelelnek. Futásuk egyenletes és zajtalan, de olajtól, benzintől, gépzsírtól óvni kell a gumit.
A szíjhajtás másik szerkezeti eleme a szíjtárcsa. A szíjtárcsát legtöbbször öntöttvasból készítik, de készülnek alumínium ötvözetből és acélból is (**314. ábra**).

22.1.2. Fogazottszíj hajtás

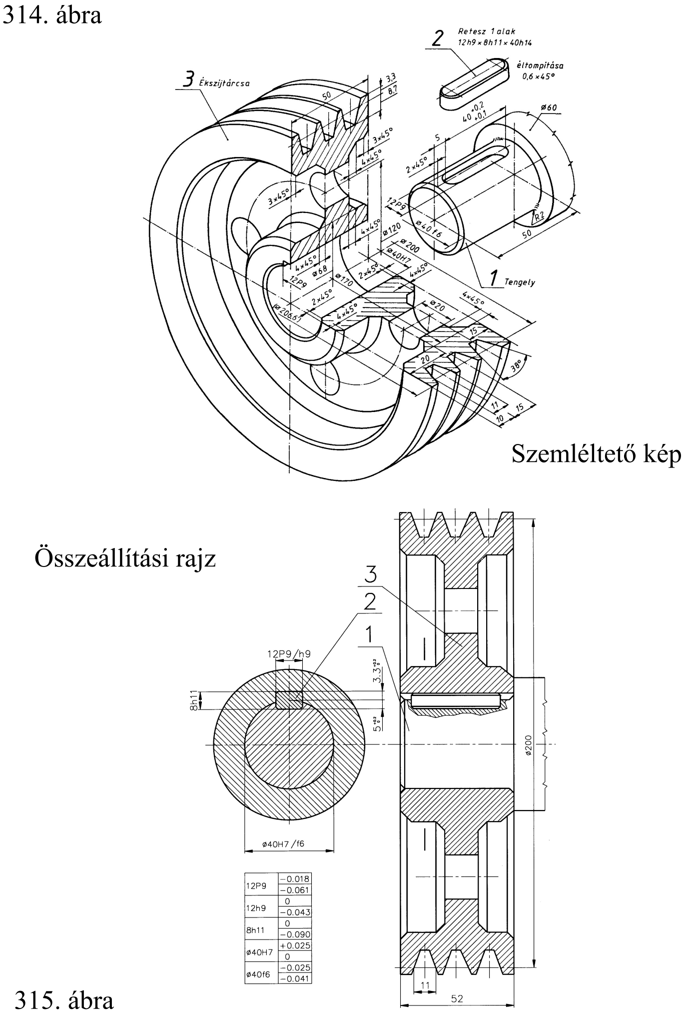
A fogazottszíj hajtás a szíjhajtás és a lánchajtás előnyeit egyesíti, vagyis a hajtás előfeszítés nélkül csúszásmentesen viszi át a mozgást, megfelelő csillapítású, csendes, karbantartást nem igényel.
A végtelenített fogasszíjak (MSZ-OS 24.4901-82) rugalmas, hajlékony, nagy szilárdságú műanyagba ágyazott sodrott acélhuzalból készült húzóelemekből épülnek fel, amelyek a hosszváltozást megakadályozzák.

22.1.3. Ékszíjhajtás

Ékszíjhajtásnál a forgatónyomatékot a két szíjtárcsa között trapézszelvényű ékszíjjal visszük át. A szíjtárcsa megfelelő profilú hornyokkal ellátott tárcsa (**315. ábra**).
A lapos bőrszíjhajtással szembeni előnye, hogy a horonyhatás miatt kisebb előfeszítéssel érhető el ugyanakkora kerületi erő, zajtalanabb üzemű, könnyen beszerezhető és nagyobb szíjsebességnél is alkalmazható. Hátránya, hogy az ékszíj élettartama kisebb, a környezeti hatásokra, szennyeződésre érzékenyebb és az igényesebb szerkezeti elemek miatt drágább, mint a lapos szíjhajtás. Ékszíjakat villamos motoroknál, szerszámgépeken és finommechanikai berendezéseken egyaránt használnak. *Az ékszíj szabványos méretekkel készül.*



314. ábra



315. ábra

22.2. Fogaskerékhajtás

A gépekben, berendezésekben a forgó mozgás és a nyomaték átvitelére gyakran létesítünk *fogaskerék kapcsolatot.* A kapcsolódó fogaskerékpár *kényszerkapcsolatban* van egymással. Az egyik kerék foga kapcsolódik a másik kerék fogárkába, az egyik fogfelület a másik fogfelületen elvileg csúszásmentesen gördül le. A kapcsolódó fogaskerekek kerületi sebessége egyenlő, ebből tehát következik, hogy a nagyobb átmérőjű fogaskerék fordulatszáma kisebb, mint a kisebb átmérőjű fogaskerék fordulatszáma (**316. ábra**).

22.2.1. Fogazatok jellemzői és méretei

Ahhoz, hogy a kapcsolódó fogaskerekek megfelelően működjenek, számos műszaki feltételt kell teljesíteniük. Az egyik feltétel, hogy a kapcsolódó fogaskerekeken azonos méretű (vagyis azonos modulú) és azonos profilú fogakat kell alakítani.

A fogaskerekek adatainak meghatározásához ismerkedjünk meg a fogaskerekek jellemzőivel. Ezt a legegyszerűbben a párhuzamos tengelyű hengeres fogaskerekeken tehetjük.

Az elemi fogazás alapfogalmai: A kapcsolódó fogaskerekek a kényszerkapcsolat miatt egyenlő kerületi sebességgel forognak, az *i* áttétel állandó. A kerületi sebességek egyenlőségéből az áttétel:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1}$$

Az összefüggésből látható, hogy a fordulatszámok fordítva arányosak a gördülőkörök átmérőivel, ill. a fogszámmal.

A fogaskerekek fogprofilja rendszerint körevolvens.

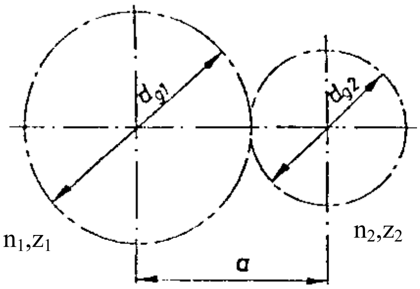
Evolvens akkor keletkezik, ha valamely körön (alapkör) egy egyenest csúszás nélkül gördítünk le, és eközben az egyenes valamelyik pontjának pályáját a kör síkjában rögzítjük (**317. ábra**). Az előbb elmondottakat úgy is megvalósíthatjuk, hogy egy hengerre egyik végén rögzített zsinórt csavarunk, a zsinór másik végére ceruzát erősítünk. Ha a zsinórt a ceruzával állandóan feszítve lefejtjük a hengerről, a ceruza hegye a henger alá helyezett rajzlapon evolvens görbét rajzol.

Ugyanazon hengerről tetszőleges helyeken lefejtett evolvensek azonos alakúak, egybevágók. Ha az alapkörről egyenlő távolságokban fejtjük le az evolvenseket, azok egymástól mért távolsága egyenlő, és megegyezik az alapköri osztással (**318. ábra**).

A fogaskerék részeinek és a fogazat jellemző adatainak szabványos megnevezését a **319.** és **320. ábra** szemlélteti. A fogaskerék homlokfelületén látjuk a *fogprofilt,* ennek két oldalát a foggörbe határolja. A foggörbe rendszerint *evolvens* ritkábban *ciklois*. A foggörbét kívülről a d_a *fejkör,* belülről a d_f *lábkör* határolja. A *h fogmagasságot* a d_o *osztókör* (gördülőkör) két részre osztja. Az osztókörön kívül elhelyezkedő rész az h_a *fejmagasság,* az osztókörön belül pedig az h_f *lábmagasság* látható. A fogaskeréken azonos számú fog és fogárok van. A fog vastagságát az osztókörön *s* osztóköri *fogvastagságnak* nevezzük.

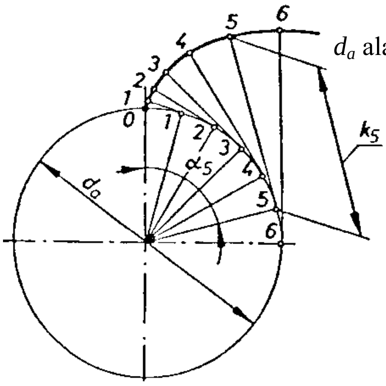
A fogárok és a fogvastagság együttes ívrésze a *p osztás.* A fogaskerék *fogszámát z* -vel jelöljük.

A fogat felülről a *fejszalag* határolja, a fogárok alján pedig a *fenékszalag* helyezkedik el.



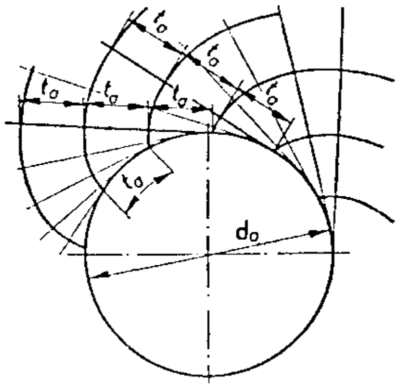
i áttétel
n_1, n_2 fordulatszám
z_1, z_2 fogszám
a tengelytáv
d_1, d_2 gördülőkör∅

316. ábra

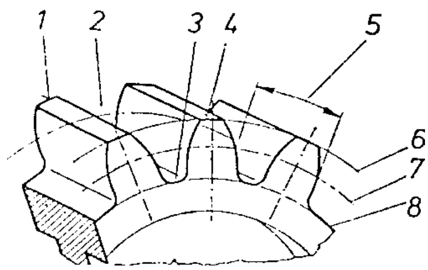


d_a alapkör

317. ábra

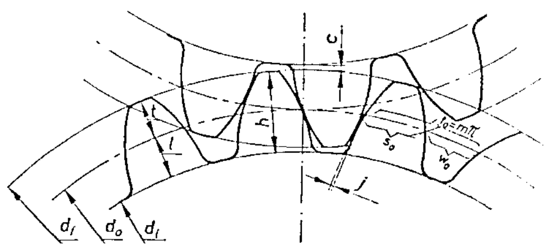


318. ábra



1 fog
2 fogárok
3 fenékszalag
4 fejszalag
5 osztás
6 fejkör (fejhenger)
7 osztókör(osztóhenger)
8 lábkör (lábhenger)

319. ábra



d_o *osztókör*
d_a *fejkör*
d_f *lábkör*
h fogmagasságot
h_f *lábmagasság*
h_a *fejmagasság*

320. ábra

A fogaskerék kapcsolódására jellemző adatok az osztókörön találhatók.

Kapcsolódó fogaskerékpár jellemző méreteit a **321. ábra** mutatja, az egyes értékek számítási módját a **33. táblázat** foglalja össze.

A kapcsolódó fogaskerék párok tengelyei lehetnek párhuzamosak, metsződők vagy kitérők. (**322. ábra**)

A párhuzamos tengelyű hajtást hengeres fogaskerekekkel valósítjuk meg. A fogazat a hengeres kerekek felületén alkotó irányban vagy ahhoz szög alatt hajolva alakítható ki, és ennek megfelelően beszélünk *egyenes*- vagy *ferdefogazatról*. Ha a fogazat két irányban ferde, akkor azt *nyílfogazatnak* nevezzük.

A metsződő tengelyű fogaskerék kapcsolatot *kúpkerékpárral* valósítjuk meg. A tengelyek leggyakrabban 90° -os szög alatt metszik egymást. A kúpkerekek fogazatát kúpfelületen alakítjuk ki. Egyszerűbb esetben a fogak a kúp alkotója irányában helyezkednek el, de készülhetnek valamilyen ív mentén, esetleg ferdén.

Kitérő, de merőleges irányú tengelyek esetén rendszerint *csigahajtással* visszük át a mozgást egyik tengelyről a másikra. A csigahajtás előnye a nagy módosítás. A kis módosításokat csavarhajtással valósítjuk meg.

Ha forgó mozgást egyenes vonalú mozgássá vagy egyenes vonalú mozgást forgó mozgássá kell alakítani, azt gyakran hengeres kerékkel és *fogasléccel* oldjuk meg.

A fogasléc felfogható egy végtelen fogszámú fogaskerék darabjaként.

Fogaskerékhajtás létesíthető még belső fogazatú kerékkel, fogasívekkel, esetleg fogasívvel és fogasléccel is.

22.2.2. Fogazatok ábrázolása

A fogazatot általában jelképesen ábrázoljuk. Ez azt jelenti, hogy a fogazatnak a valósághoz hű megrajzolása helyett a fogakat határoló jelképes vona1akat rajzoljuk meg. A fogazat képhatárát (fejhengert, fejkúpot stb.) vastag folytonos vonallal rajzoljuk. Az osztóhengert (osztókúpot) nézetben és metszetben egyaránt vékony pontvonallal kell rajzolni.

A *lábhengert (lábkúpot)* a fogaskerék hosszmetszetén vastag folytonos vonallal rajzoljuk, de nézetben általában nem jelöljük. Ha nézetben fel kell tüntetni a lábkört, azt vékony folytonos vonallal rajzoljuk.

A *fogat* még akkor is nézetben rajzoljuk, ha a metszősík egyébként keresztülhalad a fogon (pl. páratlan fogszámú fogaskerék esetén), tehát a fogaskerék koszorújának szelvényét csak a lábvonalig vonalkázzuk.

A *fogazat alakját* általában nem rajzoljuk meg, hanem táblázatba foglalva adjuk meg adatait. Ha a fog alakját ki kell rajzolni (pl. korlátozott terjedelmű fogazat esetén), akkor 1-2 fogat vastag folytonos vonallal rajzolunk meg. A kirajzolt profi1 a fejkörhöz kapcsolódik, de a lábkör vonalához, ha azt egyáltalában megrajzoltuk, nem.

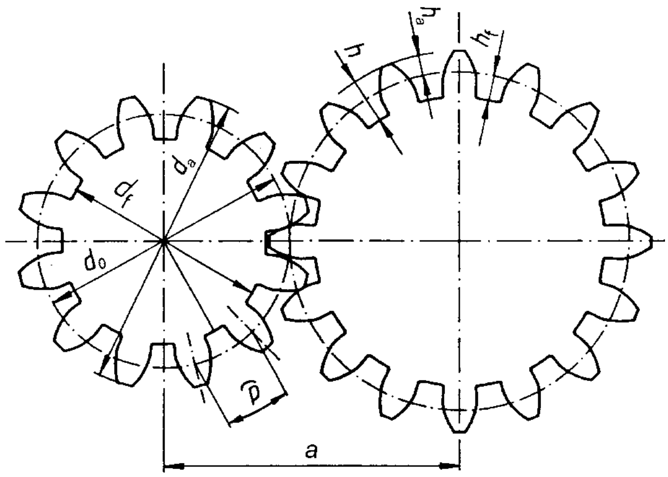
Ferdefogazat esetén a fog hajlásának irányát rendszerint nem rajzoljuk meg, hanem a rajz adattáblázatában írjuk elő. Ha indokolt, a ferde- vagy nyílfogazás irányát a fogazat szimmetriatengelye közelében néhány vékony folytonos vonallal jelképesen ábrázoljuk.

Lánckerekek fogalakjának megmutatására néhány fogat ki kell rajzolni, egyébként a fogaskerék ábrázolásra használatos egyszerűsítések alkalmazhatók.

Fogazatok jelképes ábrázolását mutatja a **30. táblázat**.

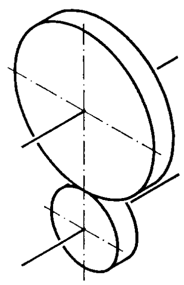
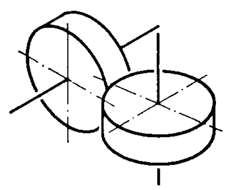
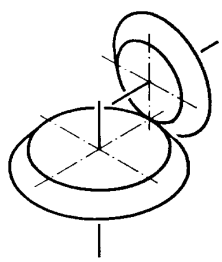
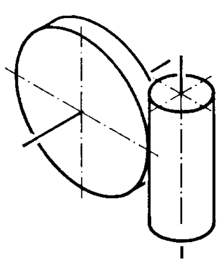
Fogaskerékhajtás elemeinek rajzjeleit mutatja a **31. táblázat**.

Fogaskerék-beépítés szemléltető feladatkiírása és összeállítási rajza látható a **323. ábrán**.



m modul
d_0 osztókörátmérő
d_a fejkörátmérő
d_f lábkörátmérő
h fogmagasság
h_a fejmagasság
h_f lábmagasság
p fogosztás
a tengelytávolság
b fogszélesség
c fejhézag
z fogszám

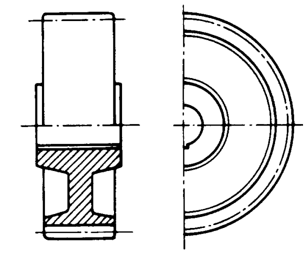
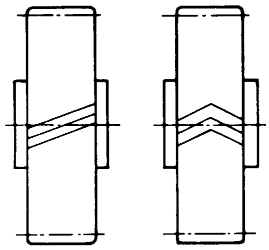
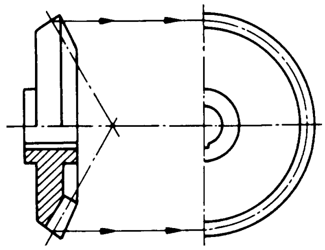
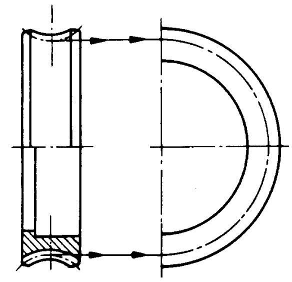
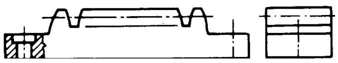
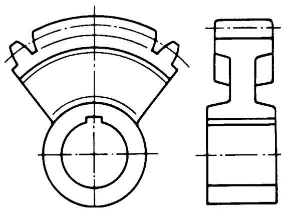
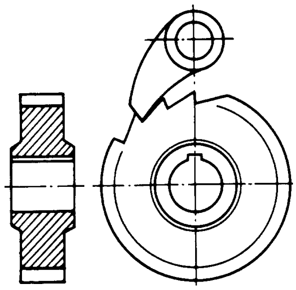
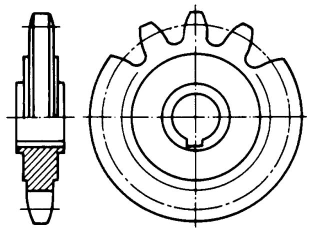
321. ábra A kapcsolódó fogaskerék párok

A fogaskerék fajtája	Homlokkerék	Csavarkerék
A kerék alakja	 Henger	 Henger
A tengelyek helyzete	Párhuzamos	Kitérően egymást keresztező
A fogaskerék fajtája	Kúpkerék	Csiga és csigakerék
	 Kúp	 Henger
A tengelyek helyzete	Metszik egymást	Kitérően keresztezik egymást

322. ábra

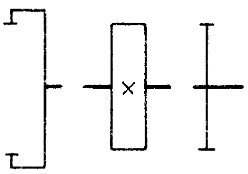
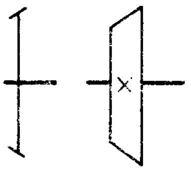
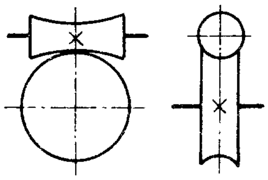
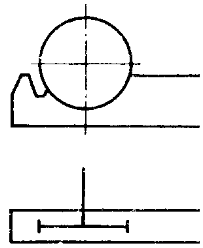
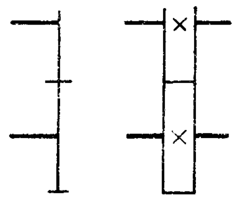
22. Hajtások

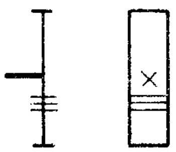
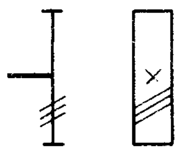
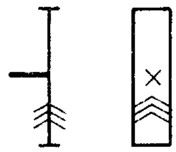
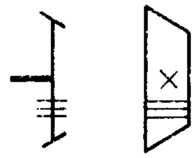
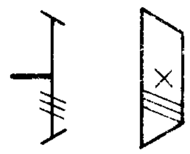
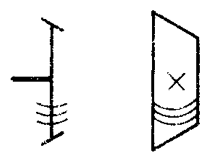
Fogazott alkatrészek jelképes ábrázolása — 30.táblázat

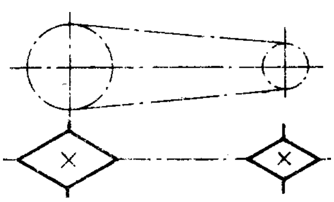
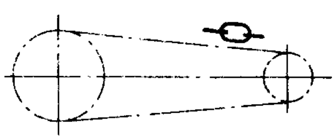
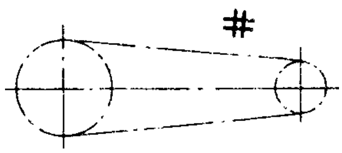
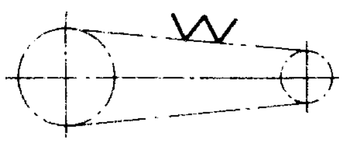
Egyenesfogazatú fogaskerék ábrázolása	Ferde- és nyílfogazatú fogaskerék ábrázolása	Kúpfogaskerék ábrázolása	Csigakerék ábrázolása
			
Fogasléc ábrázolása	Fogasív ábrázolása	Kilincskerék Ábrázolása	Lánckerék ábrázolása
			

31. táblázat

Fogazott alkatrészek rajzjelei kinematikai ábrákon

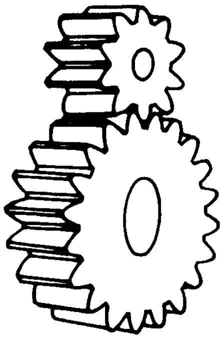
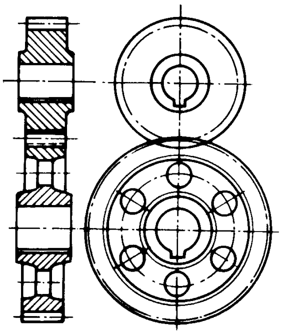
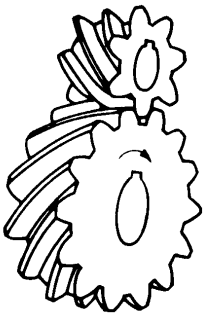
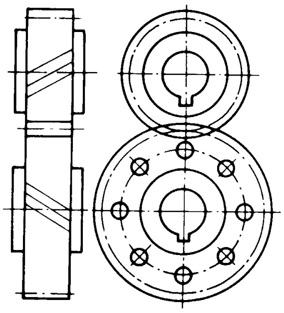
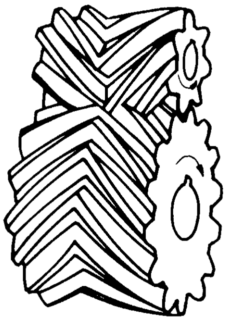
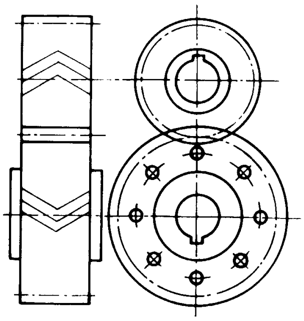
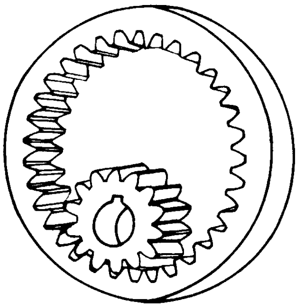
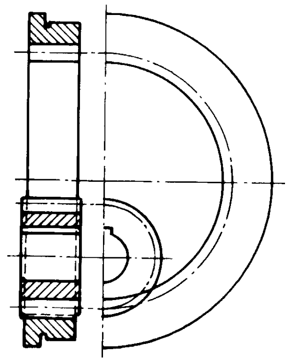
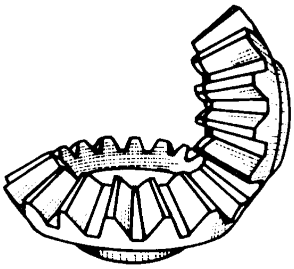
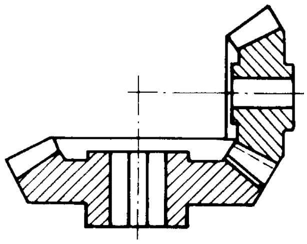
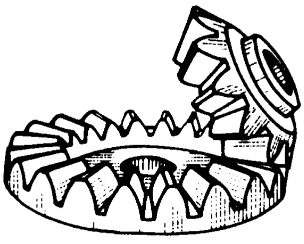
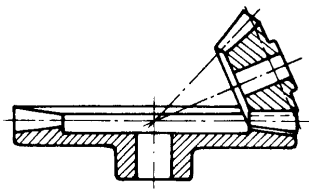
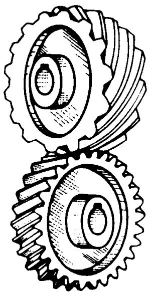
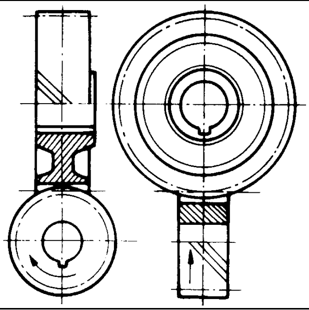
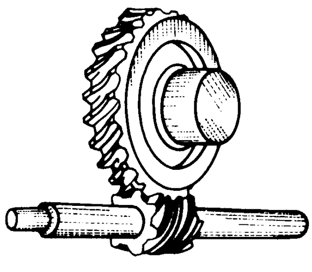
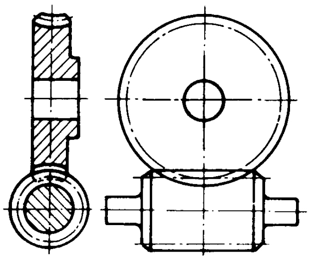
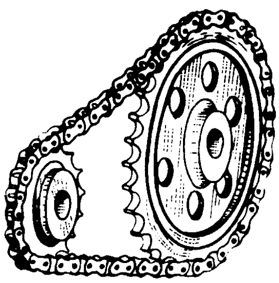
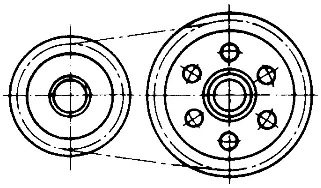
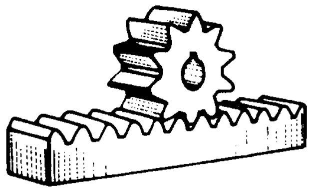
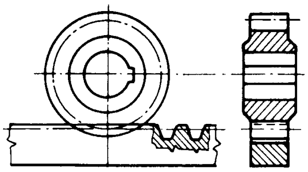
Fogaskerékhajtás elemeinek rajzjelei				
hengereskerék	kúpkerék	csigakerék	fogasléc	fogasív
				

Fogazási eljárások jelölésének rajzjelei					
hengereskerék fogazásának rajzjelei			kúpkerék fogazásának rajzjelei		
egyenes	ferde	nyíl	egyenes	ferde	ívelt
					

Lánchajtás rajzjelei*			
általában	szemes lánc	lemezes lánc	fogazott lánc
			

* Megjegyzés: A felülnézeti kép valamennyi rajzjelnél azonos.

22. Hajtások

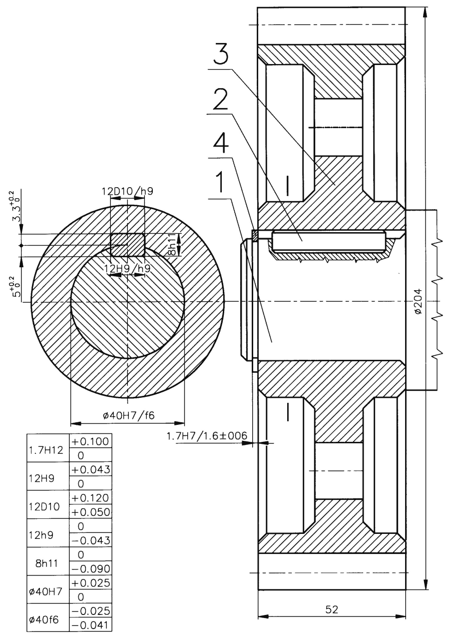
	Szemléltető kép	Vetületi kép	Szemléltető kép	Vetületi kép
párhuzamos tengelyű hajtások				
	a) egyenes fogazású hengeres kerekek		b) ferde fogazású hengeres kerekek	
				
	c) egyenes fogazású kúpkerekek		d) belső és külső fogazatú hengeres kerekek	
metsződő				
	e) egyenes fogazatú kúpkerekek		f) egyenes fogazású síkkerék és kúpkerekek	
kitérő tengelyű hajtások				
	g) ferdefogazatú csavarkerékhajtás		h) csigahajtás	
				
	i) lánc - lánckerék kapcsolat		j) fogaskerék - fogasléc kapcsolat	

Kapcsolódó fogazott alkatrészek ábrázolása 32. táblázat

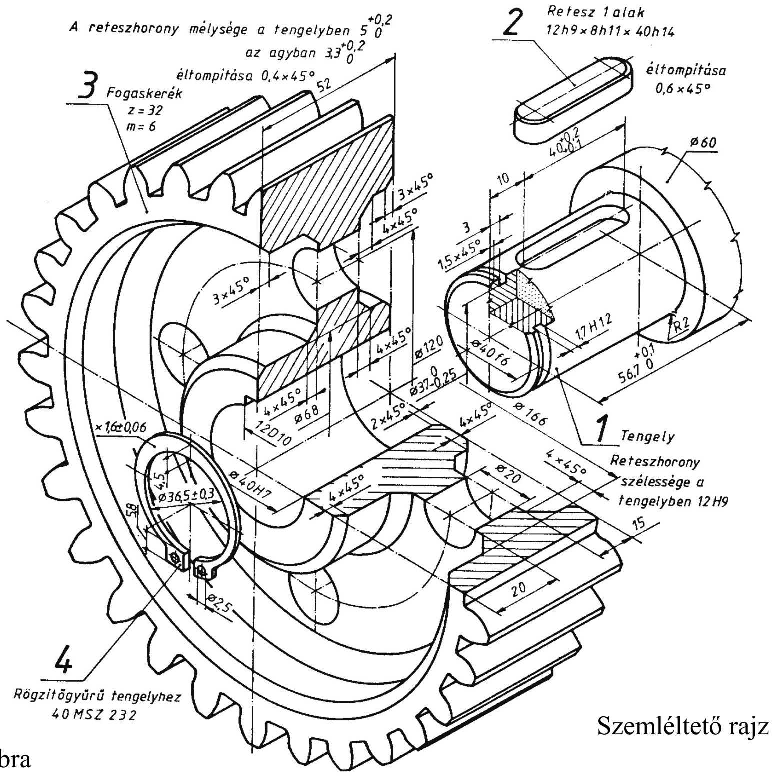
33. táblázat

Egyenes fogú, elemi fogazatú hengereskerék

Megnevezés	Kiskerék	Nagykerék	Megjegyzés
Osztókörátmérő	$d_1 = m\,z_1$	$d_2 = m\,z_2$	c* értéke:
Fejkörátmérő	$d_{a1} = m(z_1 + 2)$	$d_{a2} = m(z_2 + 2)$	fésűs késeknél
Lábkörátmérő	$d_{f1} = m(z_1 - 2 - 2c^*)$	$d_{f2} = m(z_2 - 2 - 2c^*)$	$\frac{1}{6} = 0.167$
Alapkörátmérő	$d_{b1} = m\,z_1 \cos\alpha$	$d_{b2} = m\,z_2 \cos\alpha$	
Közös fogmagasság	$h_w = 2h_a = 2m$, ahol $h_a = m$		lefejtőmarónál
Fogvastagság az osztókörön	$s_1 = s_2 = \frac{m \cdot \pi}{2}$		$\frac{1}{5} \ldots \frac{1}{4} = 0{,}2 \ldots 0{,}35$
Tengelytáv	$a = m \cdot \frac{z_1 + z_2}{2}$		metszőkerekeknél 0,25 ... 0,35 száras metszőkerekeknél 0,1.
Áttétel, módosítás	$i = \frac{n_{hajtó}}{n_{hajtott}} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{z_2}{z_1}$	Fogszámarány	$u = \frac{z_2}{z_1}$
Kiskerék fogszám	z_1	Nagykerék fog száma	z_2
Osztás	$p = m \cdot \pi = \frac{d \cdot \pi}{z}$	Modul	$m = \frac{p}{\pi} = \frac{d}{z}$
Fejmagasság	$h_a = m$	Lábmagasság	$hf = ha + c = m(1 + c^*)$
Lábhézag	$c = m\,c^*$	Fogmagasság	$h = h_a + h_f$



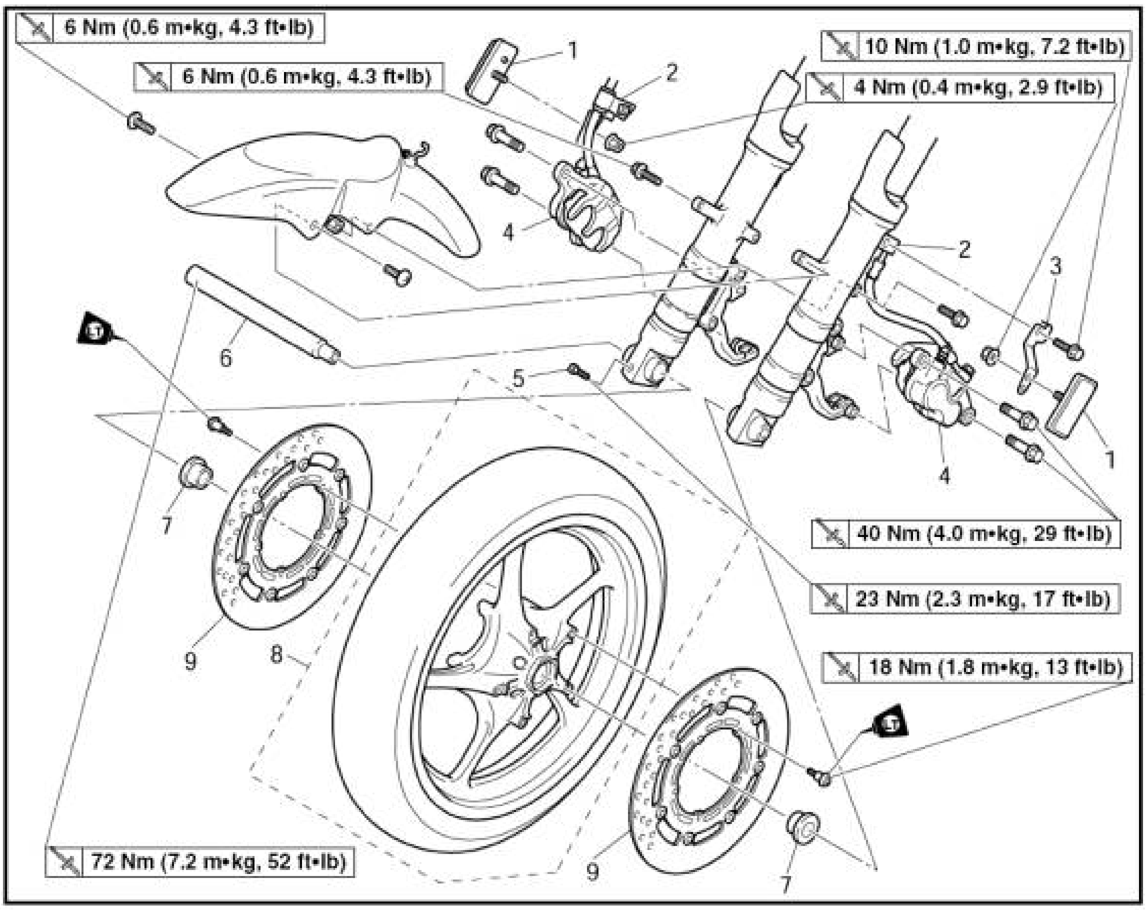
Összeállítási rajz



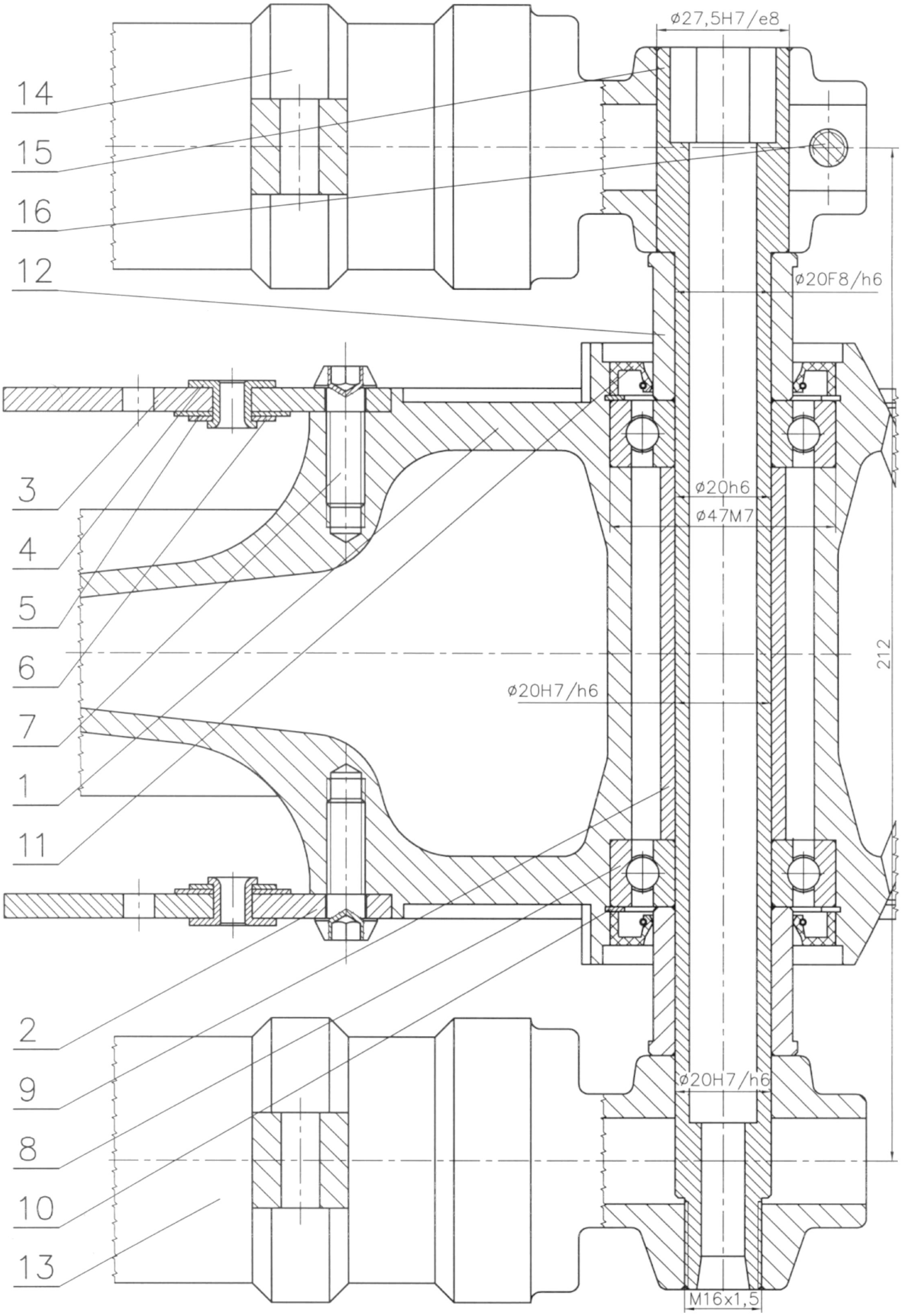
Szemléltető rajz

323. ábra

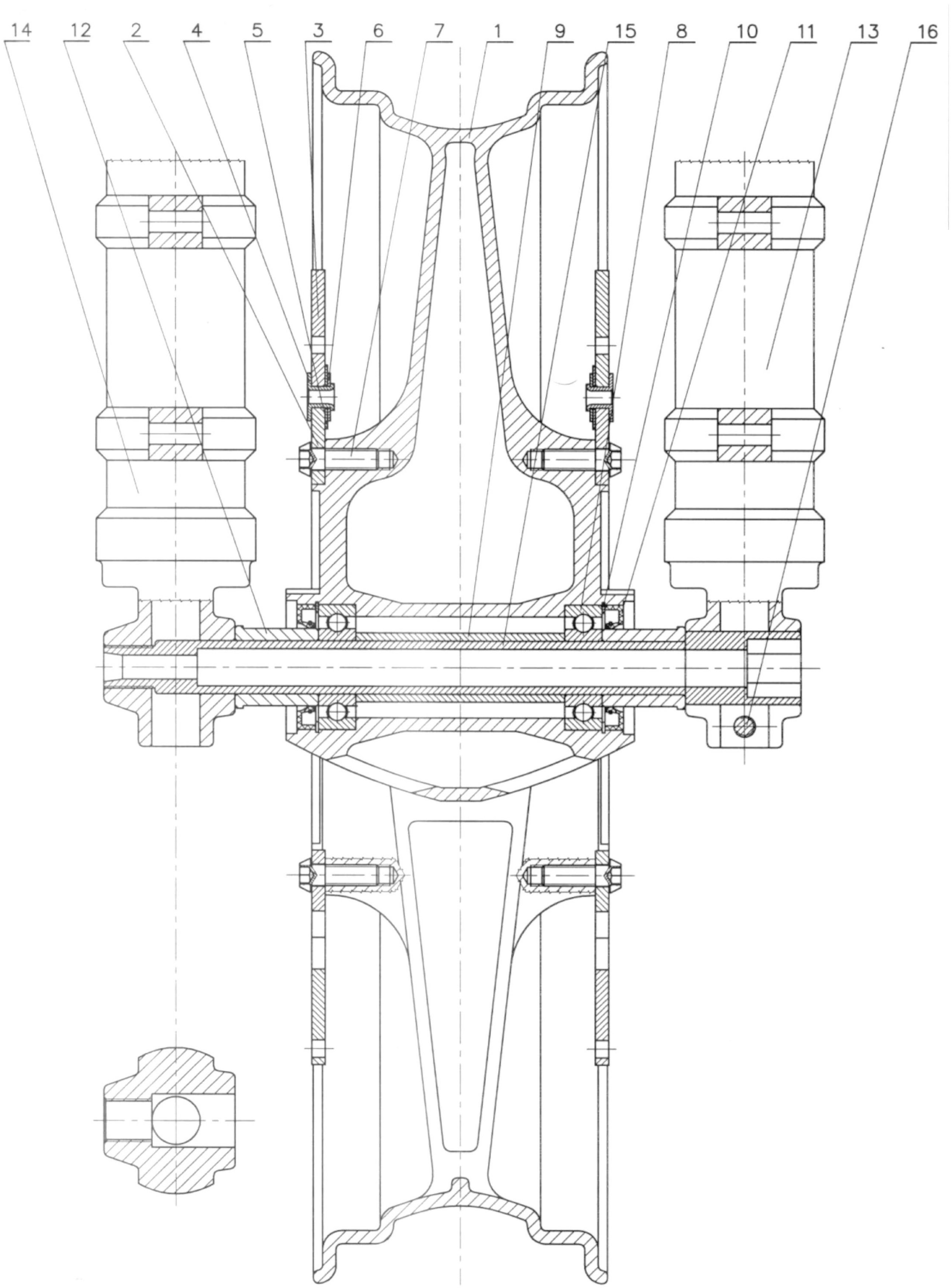




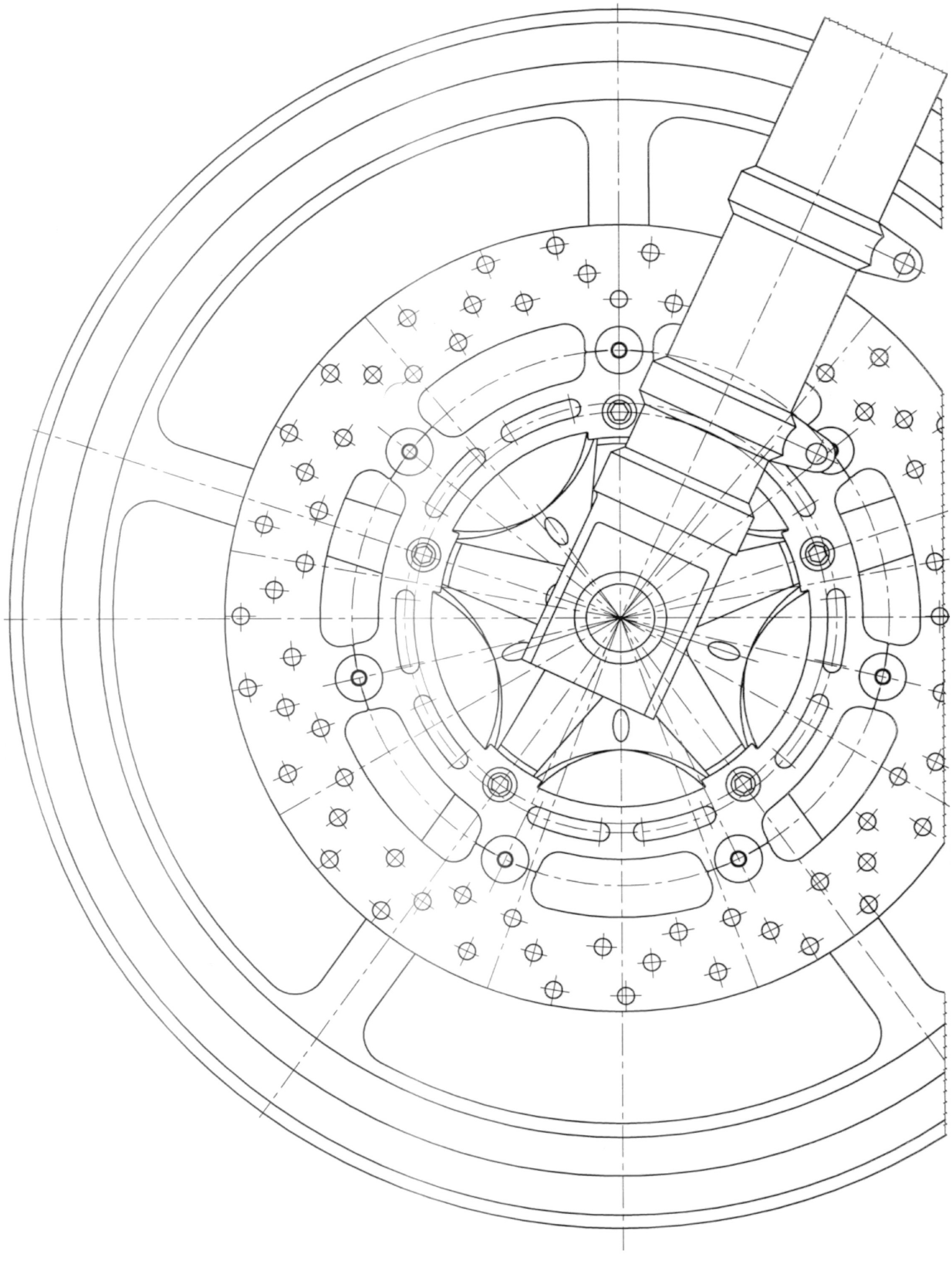
Név: OCSKÓ GYULA		Tárgy: YAMAHA FZ-S ELSŐ KERÉKAGY	Rajzszám: SZAKRAJZ
Méretarány: M1:1	Anyag: Összeállítási rajz		Fájlnév: SZAKRAJZ



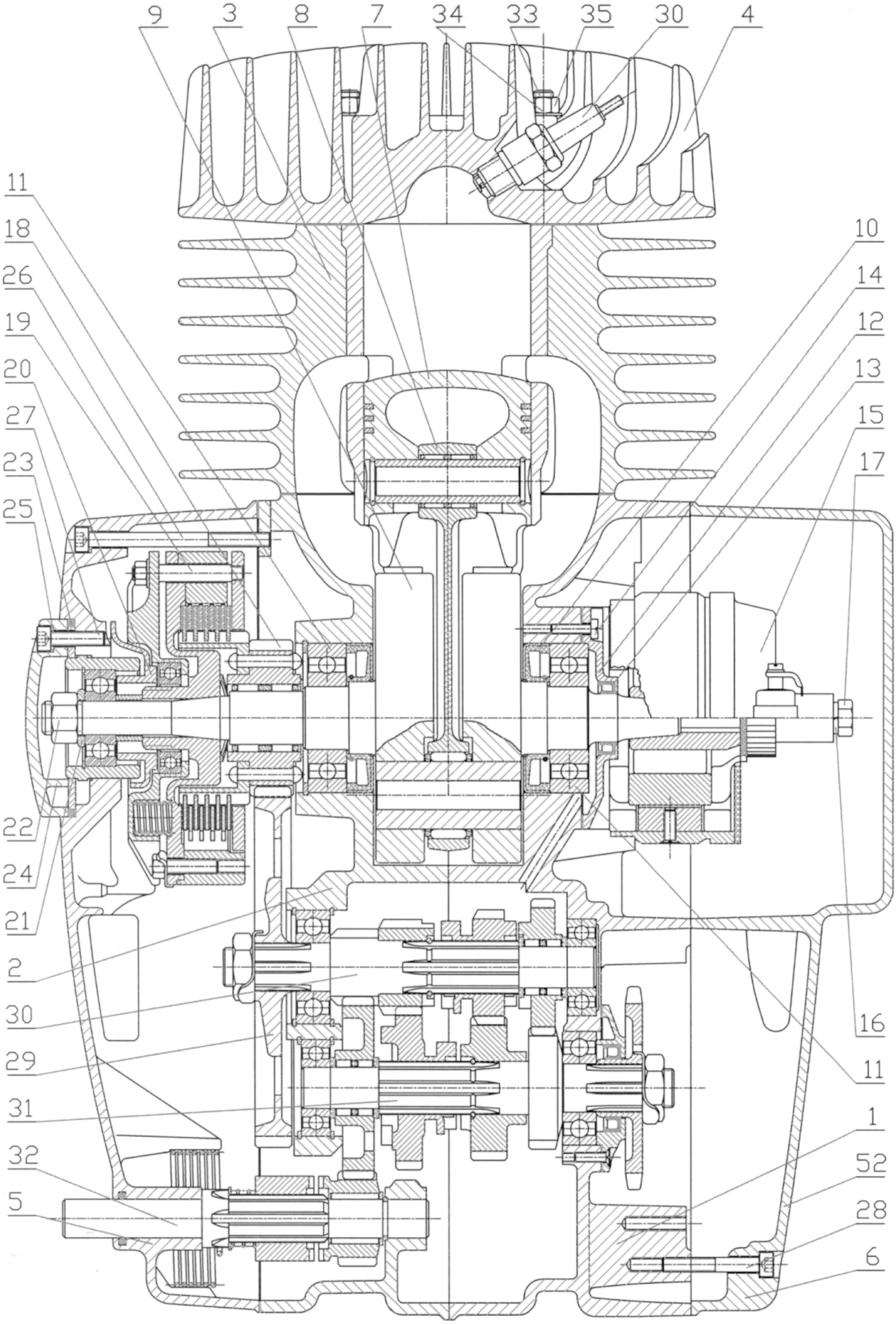
Név: OCSKÓ GYULA		Tárgy: YAMAHA FZ-S ELSŐ KERÉKAGY	Rajzszám: SZAKRAJZ
Méretarány: M1:1	Anyag: Összeállítási rajz		Fájlnév: SZAKRAJZ



Név: OCSKÓ GYULA		Tárgy: YAMAHA FZ-S ELSŐ KERÉKAGY	Rajzszám:	SZAKRAJZ
Méretarány: **M1:1**	Anyag: **Összeállítási rajz**		Fájlnév:	SZAKRAJZ



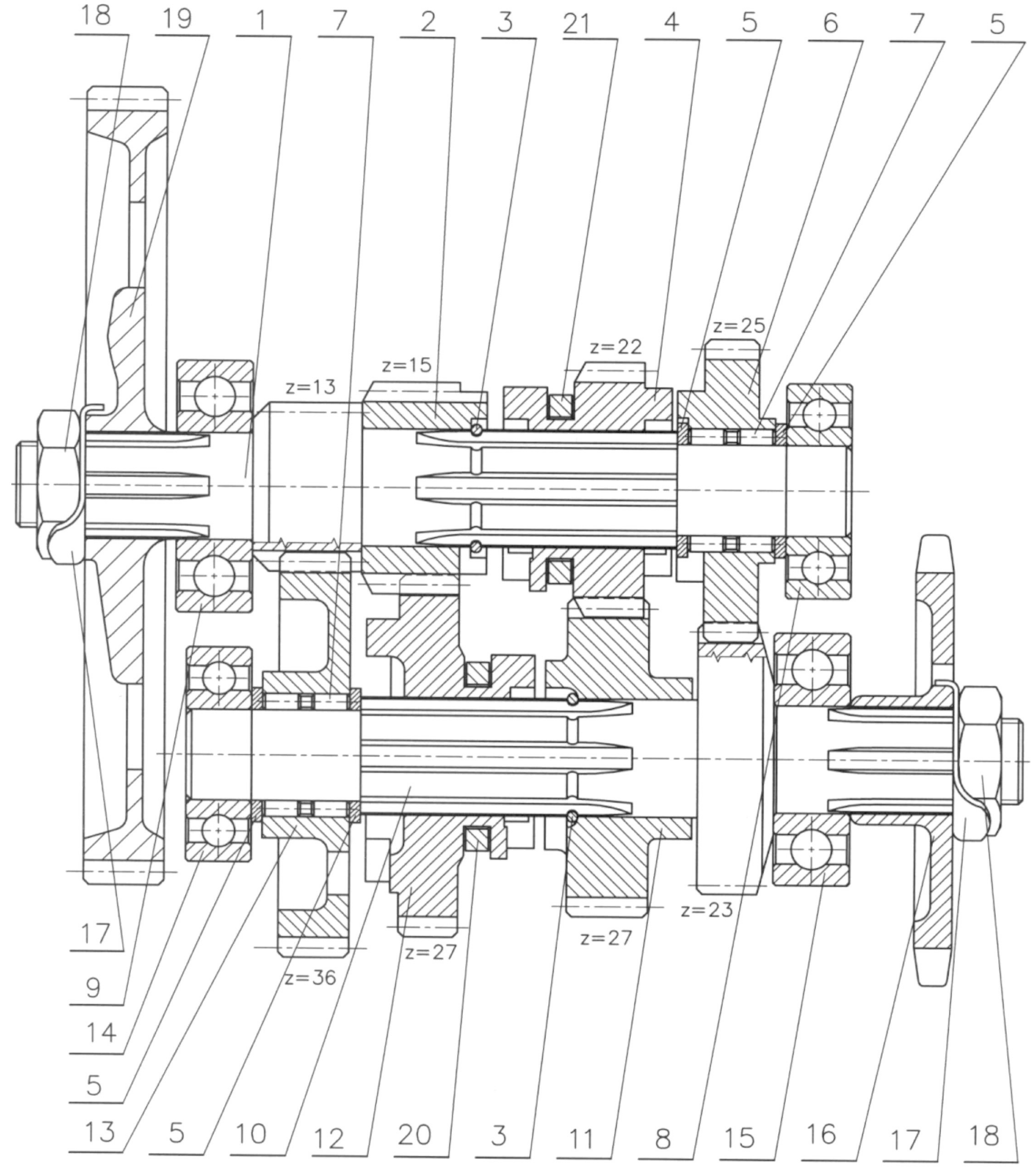
Név: OCSKÓ GYULA		Tárgy: YAMAHA FZ-S ELSŐ KERÉKAGY	Rajzszám: SZAKRAJZ
Méretarány: M1:1	Anyag: Összeállítási rajz		Fájlnév: SZAKRAJZ



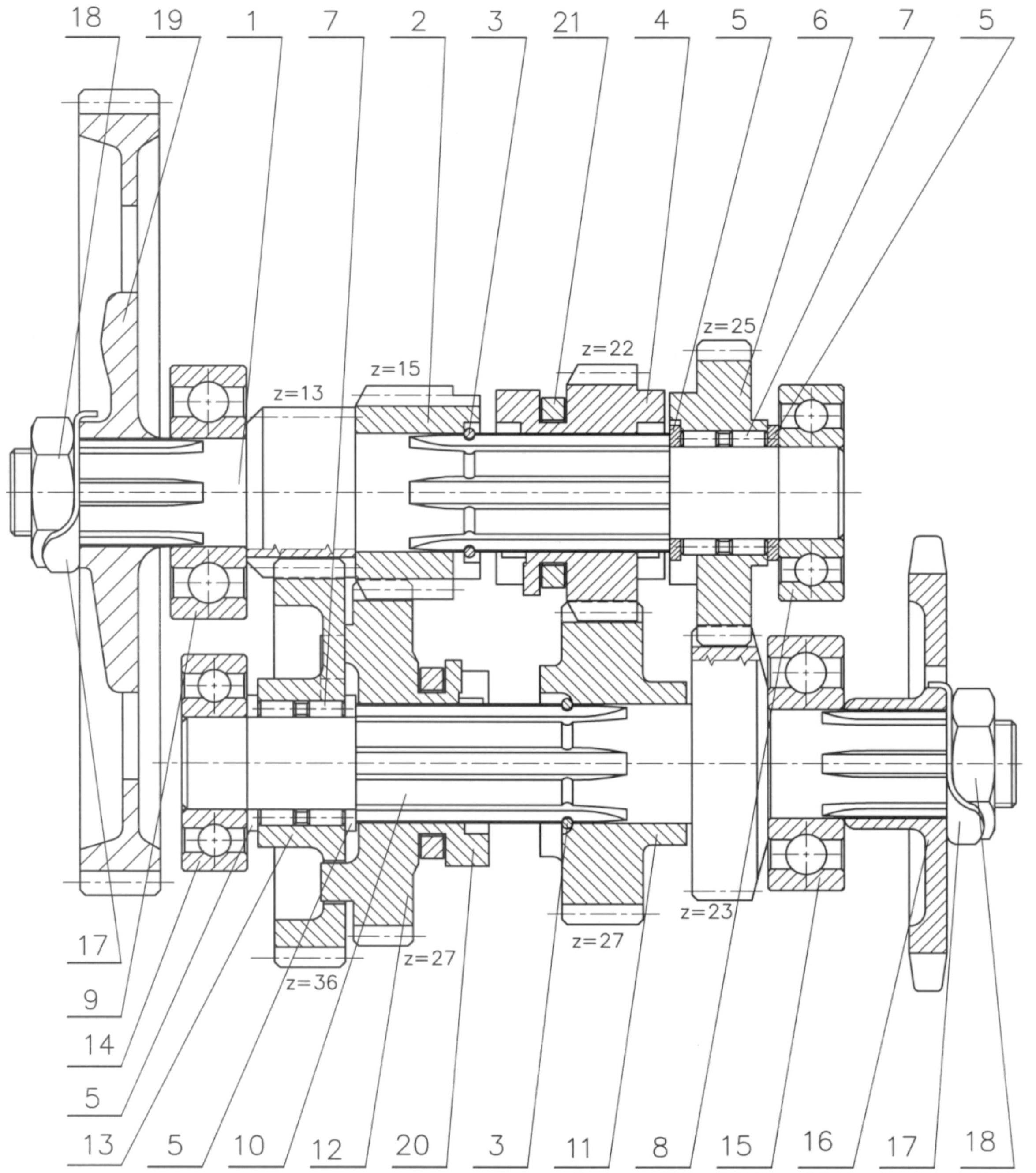
Név: **OCSKÓ GYULA**		Tárgy: **MOTORKERÉKPÁR MOTOR**	Rajzszám: **SZAKRAJZ**
Méretarány: **M1:1**	Anyag: **Összeállítási rajz**		Fájlnév: **SZAKRAJZ**

36		Gyújtógyertya		
35		Rugós alátét		
34		Hatlapú anya		
33		Hengerfejcsavar		
32		Szerelt berugószerkezet		
31		Szerelt kihajtótengely		
30		Szerelt behajtótengely		
29		Váltó behajtófogaskerék		
28		Belsőkulcsnyílású csavar		
27		Belsőkulcsnyílású csavar		
26		Belsőkulcsnyílású csavar		
25		Rugós alátét		
24		Fedél		
23		Tömítés		
22		Hatlapú anya		
21		Alátét		
20		Szerelt kiemelőszerkezet		
19		Szerelt tengelykapcsoló		
18		Primerhajtás fogaskerék		
17		Hatlapfejű csavar		
16		Rugós alátét		
15		Dinamó		
14		Hengeresfejű csavar		
13		Radiális tömítőgyűrű		
12		Csapágypajzs		
11		Főtengelycsapágy		
10		Szimmering		
9		Főtengely		
8		Hajtórúd szerelvény		
7		Szerelt dugattyú		
6		Dinamófedél		
5		Tengelykapcsoló fedél		
4		Hengerfej öntvény		
3		Hengeröntvény		
2		Blokköntvény – bal fél		
1		Blokköntvény – jobb fél		
T. szám	Rajzszám, szabványszám	Megnevezés	Darabszám	Megjegyzés

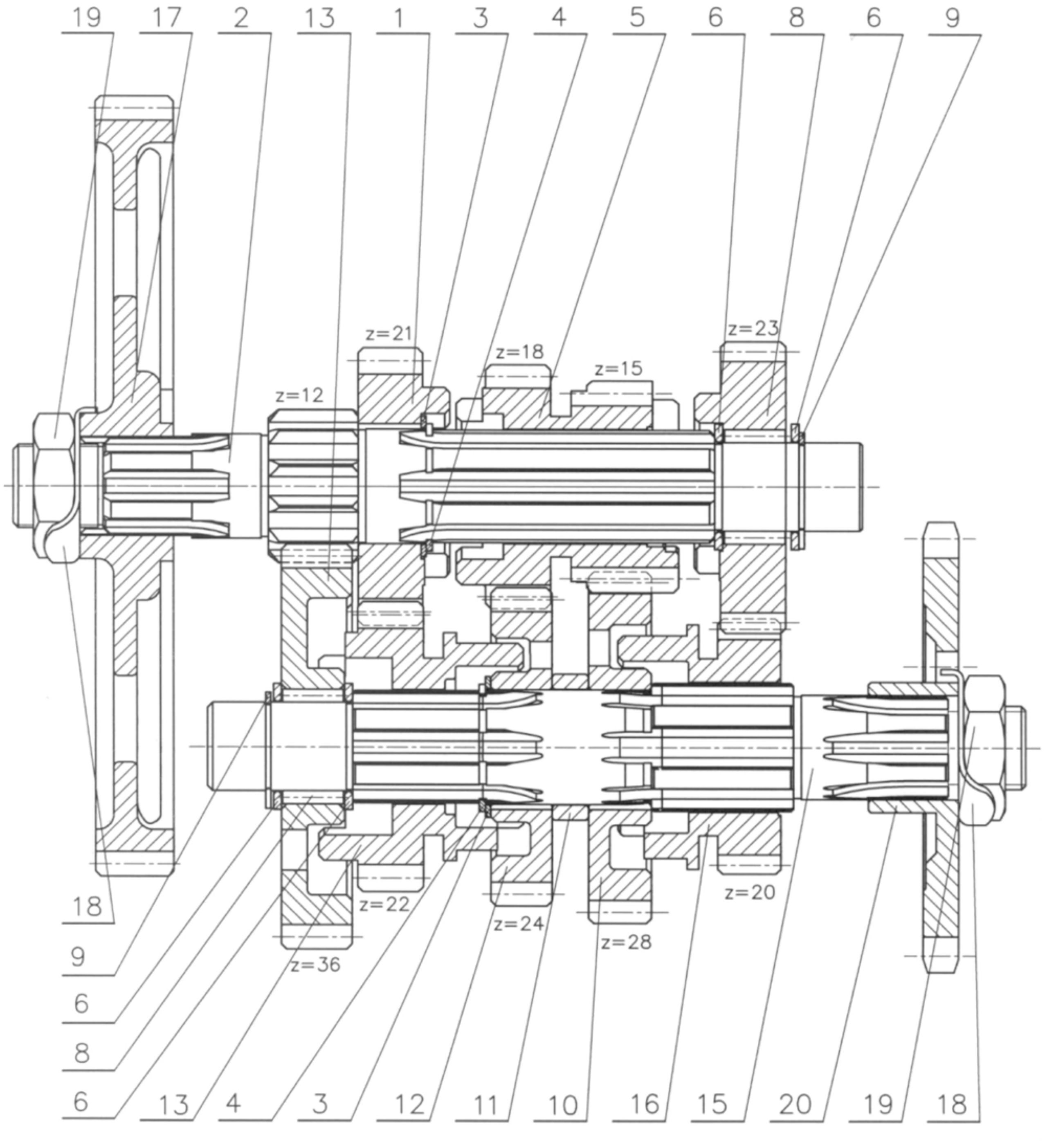
Név: OCSKÓ GYULA		Tárgy: MOTORKERÉKPÁR MOTOR	Rajzszám: SZAKRAJZ
Méretarány: M1:1	Anyag: Összeállítási rajz		Fájlnév: SZAKRAJZ



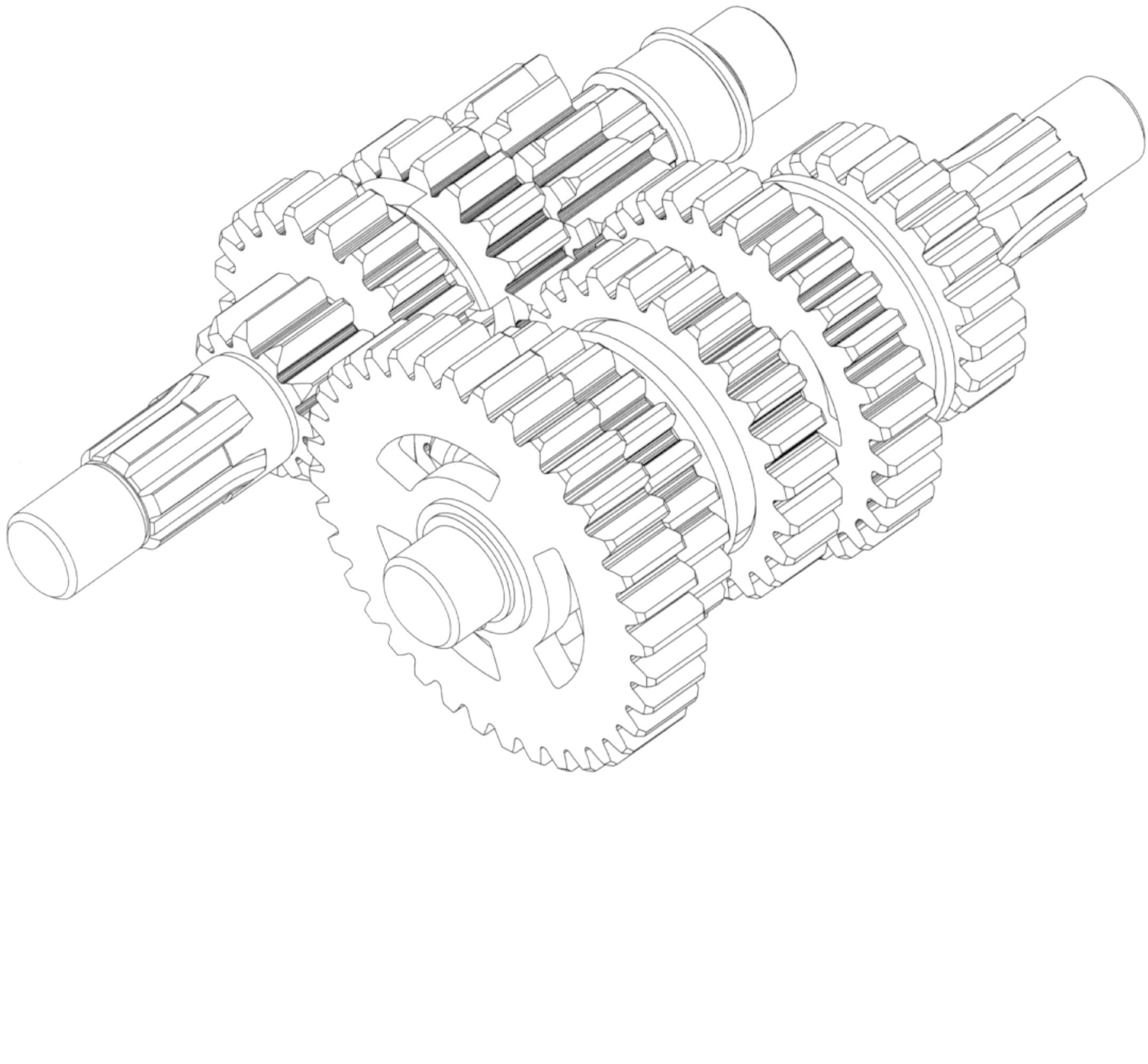
Név: OCSKÓ GYULA		Tárgy: NÉGYFOKOZATÚ SZEKVENCIÁL VÁLTÓ	Rajzszám: SZAKRAJZ
Méretarány: M1:1	Anyag: Összeállítási rajz		Fájlnév: SZAKRAJZ



Név: OCSKÓ GYULA		Tárgy: NÉGYFOKOZATÚ SZEKVENCIÁL VÁLTÓ	Rajzszám: SZAKRAJZ
Méretarány: M1:1	Anyag: Összeállítási rajz		Fájlnév: SZAKRAJZ



Név: OCSKÓ GYULA		Tárgy: ÖTFOKOZATÚ SZEKVENCIÁL VÁLTÓ	Rajzszám: SZAKRAJZ
Méretarány: **M1:1**	Anyag: **Összeállítási rajz**		Fájlnév: **SZAKRAJZ**



Név: OCSKÓ GYULA		Tárgy: ÖTFOKOZATÚ SZEKVENCIÁL VÁLTÓ	Rajzszám:	SZAKRAJZ
Méretarány: M1:1	Anyag: Összeállítási rajz		Fájlnév:	SZAKRAJZ

MOTÚRA
OKTATÁSI, SPORT és
TURISZTIKAI ALAPÍTVÁNY
Számlaszám: CA 10900059-00000008-70520002
Tel.: 208-1187 /telephely/, 06-20/9337-665, 06-30/919-3639
e-mail: motura@mail.matav.hu

Írta:
Ocskó Gyula





Szerkesztette:
Ocskó Gábor



